

# TALAJVÉDELEM

Különszám  
2017

## OKSZERŰ TALAJHASZNÁLAT – TALAJVÉDELEM

Szerkesztette  
Kátai János  
Sándor Zsolt

**Save  
Our  
Soils**

Talajvédelmi Alapítvány



**„OKSZERŰ  
TALAJHASZNÁLAT –  
TALAJVÉDELEM”**

**Talajvédelmi Alapítvány**

**Kuratórium elnöke**

Tóth Tibor

**Cím**

H-1126 Budapest, Zulejka u. 4



# „OKSZERŰ TALAJHASZNÁLAT – TALAJVÉDELEM”

---

## TALAJTANI VÁNDORGYŰLÉS DEBRECEN

**Save  
Our  
Soils**

Talajvédelmi Alapítvány

Magyar Talajtani Társaság

Debreceni Egyetem

Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és  
Környezetgazdálkodási Kar

Agrokémiai és Talajtani Intézet

Debrecen, 2016

## **Kötetszerkesztők**

Kátai János

Sándor Zsolt

## **A kötet lektorai**

Berényi Üveges Judit, Biró Borbála, Dobos Endre, Lehoczky Éva, Makó  
András, Michéli Erika, Pásztor László, Tolner László

©Talajvédelmi Alapítvány, 2017

Minden jog fenntartva

ISSN 1216-9560

## **Nyomda**

Kapitális Nyomda  
H-4030, Debrecen Berta u. 11

## **Kiadó**

Talajvédelmi Alapítvány  
H-1126 Budapest, Zulejka u. 4

Magyar Talajtani Társaság  
H-2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.



# TALAJTANI VÁNDORGYŰLÉS

---

DEBRECEN

2016. szeptember 1 – 3.

**Save  
Our  
Soils**

**Rendezők**

Magyar Talajtani Társaság

**A Vándorgyűlés helyszíne**

Debreceni Egyetem

Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar

## **Rendezők**

Magyar Talajtani Társaság  
Debreceni Egyetem,  
Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar  
Agrokémiai és Talajtani Intézet  
Természettudományi és Technológiai Kar  
Földtudományi Intézet  
Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH)  
Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal, Élelmiszerlánc-biztonsági,  
Növény-és Talajvédelmi Főosztály,  
Erdészeti Tudományos Intézet, Püspökladányi Kísérleti Állomás

## **Vándorgyűlés helyszíne**

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és  
Környezetgazdálkodási Kar  
4032 Debrecen, Böszörményi út 138

## **Szervezőbizottság tagjai:**

Elnök: Kátai János

Titkár: Sándor Zsolt

Tagok: Szabóné Kele Gabriella, Fuchs Márta, Bakacsi Zsófia, Dobos Endre,  
Novák Tibor, Vágó Imre, Balláné Kovács Andrea, Tállai Magdolna, Csubák  
Mária, Kincses Sándorné , Erdeiné Kremper Rita, Béni Áron

## **Vándorgyűlés tudományos bizottságának tagjai:**

Elnök: Michéli Erika

Tagok: Várallyay György, Nagy János, Tamás János, Makó András, Pásztor  
László, Biró Borbála, Tolner László, Koós Sándor, Bidló András,  
Lehoczky Éva, Centeri Csaba, Berényi Üveges Judit.

## **Támogatók:**

Prokat Mérnöki Iroda Kft  
HL-LAB Talajvizsgáló Laboratórium  
ECM ECO Monitoring Kft.



## Tartalomjegyzék

Előszó.....	9
<b>Talajbiológiai szekció</b>	
Csikászné Krizsics Anna, Bene László	
Szőlőoltványok mikorrhizálásának hatása a talaj tápelem készletének hasznosítására ...	13
Horváth Judit	
Agrotechnikai tényezők hatása a dehidrogenáz-enzim aktivitására egy trágyázási tartamkísérletben.....	21
Imri Ádám, Kovács Rita, Imre Csilla, Puspán Ildikó, Máté Rózsa, Kárpáti Éva, Kutasi József	
Talajoltó baktériumtörzsek által termelt enzimek hatása növényi rostanyagok lebomlására .....	27
Jakab Anita, Nagy Fruzsina, Takács Ferenc	
A talajéletet fokozó néhány mikrobiológiai készítmény hatásának vizsgálata alma, cseresznye és meggy oltványokon .....	35
Kátai János, Zsuposné Oláh Ágnes, Sándor Zsolt, Tállai Magdolna, Vágó Imre, Inubushi Kazuyuki	
Különböző ökológiai feltételek és a talajhasznosítás hatása a talaj C- és N- körforgalmával kapcsolatos mikrobiológiai folyamatokra.....	43
Kocsis Tamás, Kotroczó Zsolt, Biró Borbála	
Bioszén dózisos és bioeffektor baktériumoltás hatása homoktalajon tenyészedény kísérletben .....	53
Kökény Mónika, Tóth Zoltán, Csitári Gábor	
Mikrobiális és humuszvizsgálatok egy trágyázási tartamkísérletben.....	61
Kotroczó Zsolt, Biró Borbála, Kocsis Tamás, Veres Zsuzsa, Tóth János Attila, Fekete István	
Hosszú távú szerves anyag manipuláció hatása a talaj biológiai aktivitására .....	73
Kovács Rita, Imre Csilla, Puspán Ildikó, Rizó Boglárka, Imri Ádám, Pék Nikoletta, Kárpáti Éva, Árvay Gyula, Romsics Csaba, Kutasi József	
Kedvezőtlen talajkémhatást és sóviszonyokat mutató, degradálódott talajokhoz alkalmazkodott stressztűrő baktériumok szelektálása és törzsgyűjtemény létrehozása ..	85

Oláh Nikolett, Demendi Tünde, Vajda Péter, Balázs Sándor

A mezőgazdaságban leggyakrabban alkalmazott néhány xenobiotikum hatása a Phylazonit készítmények baktérium törzseire ..... 97

Sándor Zsolt, Tállai Magdolna, Zsuposné Oláh. Ágnes, Kátai János, Sulyok Dénes  
Különböző talajművelési eljárások hatása a talajok fontosabb biológiai tulajdonságaira ..... 105

Szili-Kovács Tibor, Mucsi Márton, Krett Gergely, Takács Tünde, Borsodi Andrea  
A mikrorespirációs módszer (MicroResp-TM) alkalmazása..... 115

Tállai Magdolna, Zsuposné Oláh Ágnes, Sándor Zsolt, Kremper Rita, Kátai János  
Különböző talajtípusokon alkalmazott ásványőrlemények hatása a talajtulajdonságokra ..... 121

### **Talajfizikai és Ásványtani szekció**

Aranyos Tibor József, Makádi Marianna, Tomócsik Attila, Orosz Viktória, Demeter Ibolya, Blaskó Lajos

Szennyvíziszap komposzt kezelés hatása a talaj térfogattömegére és légáteresztő képességére ..... 129

Hofmann Eszter, Bolodár-Varga Bernadett, Bidló András, Horváth Adrienn  
Talaj- és ásványtani vizsgálat Sopron Fő terén ..... 139

Horváth Zoltán, Sári Katalin, Újháziné Kerék Barbara, Barczikayné Szeiler Rita  
Közérdekű ásványi nyersanyag előfordulások koncepciójának alkalmazási lehetőségei a talajjavító ásványi nyersanyagokra – hazai és EU-s (MINATURA2020) projektek..... 149

Nagy Edina, Földényi Rita, Sisák István  
Kationos tenzid hatása nagy agyagtartalmú talajok térfogattömegére és higroszkóposágára ..... 157

Várallyay György  
A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvív-aszály) talajtani okai és következményei ..... 167

### **Talajgenetikai szekció**

Mester Tamás, Balla Dániel, Botos Ágnes, Szabó György, Sándor Gábor, Novák Tibor József

Az antropogén hatások mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tiszántúli kertek talajaiban ..... 179



Novák Tibor József, Balla Dániel, Rásó János, Botos Ágnes, Mester Tamás A NAIK ERTI Püspökladányi Állomás talajainak taxonómiai helyzete WRB 2015 szerint .....	189
Tuba Géza, Kovács Györgyi, Zsembeli József Hidromorf talajok a karcagi katéna mentén .....	199
<b>Talakémiai szekció</b>	
Buzetzký Dóra, Kovács Eszter Mária, M. Nagy Noémi, Kónya József Eutrofizációs folyamatok csökkentésére irányuló vizsgálatok módosított bentonitokkal .....	205
Czinkota Imre, Fekete György, Gulyás Miklós, Tolner László, Sebők András, Köles Péter Biomassza hamu alkalmazhatóságának vizsgálata talajsavanyúság javítására .....	215
Pető Judit, Hüvely Attila, Cserni Imre Egyes öntözővizek összetételének, valamint a fő komponensek összefüggéseinek vizsgálata a Duna-Tisza közén .....	223
Ramadan Benjared, Kovács Dénes, Füleky György Komposztanyagok kadmium, réz és cink megkötőképessége .....	233
Sári Katalin, Horváth Zoltán, Vígh Csaba, Bodor Emese Réka, Lantos Zoltán, Barczikayné Szeiler Rita Magyarország talajjavító ásványi nyersanyagainak potenciálfelmérése .....	239
Sebők András, Czinkota Imre, Fekete György, Dálnoki Anna Boglárka, Grósz János Humuszoldat adszorpciós és deszorpciós kinetikájának meghatározása homokos talajon oszlopkísérlet segítségével .....	251
Tolner Imre Tibor, Szalay Kornél, Jolánkai Márton, Birkás Márta, Pósa Barnabás, Neményi Miklós, Fenyvesi László, Tolner László Eltérő talajművelés hatására megváltozott talaj néhány fizikai és kémia jellemzőjének összefüggése .....	261
Tolner László, Gál Edina, Harkányiné Székely Zsuzsa, Waltner István, Yun Qiu, Tolner Imre Tibor, Vekerdy Zoltán Egy besenyőtelki tábla talajnedvességének monitorozása Sentinel műhold és helyszíni vizsgálatok segítségével .....	269
Vágó Imre, Szabó Anita, Remenyik Tünde Komposzt mineralizáció dinamikája talajérelleléses kísérletben .....	277

**Talajszennyezettségi szekció**

- Pokovai Klára, Szabó Anita, Rékási Márk, Sándor Renáta, Csathó Péter  
Nehézfém terhelés hatása a fiatalkori növény/vegetatív növényi rész, ill. a mag/szemtermés toxikus elem tartalmára szabadföldi tartamkísérletben ..... 285
- Szabó Anita, Pokovai Klára, Rékási Márk, Sándor Renáta, Csathó Péter  
Nehézfém terhelés fitotoxikus hatása a főtermések mennyiségére meszes csernozjom talajon beállított szabadföldi tartamkísérletben ..... 293

**Talajvédelmi és Talajtechnológiai szekció**

- Centeri Csaba, Szabó Boglárka, Oláh Izabella, Szabó Kornél, Bíró Zsolt, Dobó Zsófia  
Talajszenzorok mérésének összehasonlító elemzése különböző besugárzás-viszonyok mellett ..... 299
- Dobó Zsófia, Szabó Boglárka, Centeri Csaba, Szalai Zoltán, Jakab Gergely, Bíró Zsolt  
Erózió okozta talajpusztulás vizsgálata a gerézdpusztai mintaterületen ..... 307
- Farsang Andrea, Barta Károly, Szatmári József, Bartus Máté  
Szélerózió okozta humusz- és tápanyag áthalmozás terepi szélesatorna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon ..... 317

**Talajtermékenységi és Tápanyaggazdálkodási szekció**

- Bakti Beatrix, Simon Barbara, Gyuricza Csaba  
Növénytáplálási kísérletek talajtani vizsgálata kedvezőtlen termőhelyen létesített fás szárú energetikai ültetvényben ..... 327
- Balláné Kovács Andrea, Kremper Rita, Kincses Sándorné  
A homoktalaj oldható tápelemtartalmának változása egy mikrobiológiai oltóanyag és különböző szerves anyagok alkalmazásakor ..... 337
- Blaskó Lajos, Czibalmos Róbert, Gálya Bernadett, Herdon Miklós, Tamás János  
Fatelepítés (agrár erdészet) lehetőségei réti szolonyec típusú szikes talajokon és azok környezetében ..... 347
- Cserni Imre, Pető Judit, Hüvely Attila  
Homoktalajok tápanyag-tartalma a tápanyag-ellátás függvényében ..... 357
- Dálnoki Anna Boglárka, Huszár Szilvia, Sebők András, Fekete György, Czinkota Imre  
Talaj és növény beltartalmi paramétereinek változása trágyakezelések hatására ..... 363
- Dóka Lajos Fülöp  
Bi- és trikultúrás búzaállomány talajának vízháztartási vizsgálata tartamkísérletben ... 371

Füleky György, Harta István

A gödöllői műtrágyázási kísérlet 45 éve ..... 379

Henzsel István, Hadházy Ágnes

A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat vizsgálata a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben ..... 387

Hüvely Attila, Pető Judit, Cserni Imre

Szulfát és klorid tartalmú káliumműtrágyák hatása TV paprika fejlődésére és termés hozamára ..... 397

Kincses Sándorné, Balláné Kovács Andrea

Biotrágyázás hatása a tápelemek feltáródására érlelési kísérletben ..... 405

Kremper Rita, Juhász Evelin, Tállai Magdolna, Balláné Kovács Andrea, Loch Jakab

Az NPK és Zn trágyaszerek felvehetőségének változása különféle talajokban az idő függvényében ..... 415

Mazsu Nikolett, Kamuti Mariann, Sándor Renáta, Csathó Péter, Lehoczky Éva

Gyomflóra és biomassza produkció vizsgálatok a kukorica korai fenológiai stádiumában trágyázási tartamkísérletben ..... 421

Pepó Péter

A műtrágyázás hatása a csernozjom talaj NPK tartalmára tartamkísérletben ..... 431

Sass Vivien, Bidló András

Talajváltozók vizsgálata a pilisi Hosszú-hegyen - Az alapállapot felvétele és az első év eredményei ..... 441

Simon László, Uri Zsuzsanna, Vincze György, Irinyiné Oláh Katalin, Vígh Szabolcs

Tartamhatások az energetikai célra termesztett fűzzel (*Salix* sp.) beállított szabadföldi kísérletben ..... 449

Uri Zsuzsanna, Simon László, Vincze György, Vígh Szabolcs, Irinyiné Oláh Katalin

Őszi búza elemfelvételének vizsgálata a korszerű növénytáplálás függvényében ..... 459

Varga Péter, Májner János

Különböző talajművelés- és talajvédelmi módok összehasonlító vizsgálata erózióra hajlamos badacsonyi szőlőültetvényben ..... 467

A kötet szerzőinek jegyzéke ..... 475



### Előszó

A Magyar Talajtani Társaság (MTT) kétévenként tartja Vándorgyűlését. 2016. szeptember 1-3. között a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán (DE MÉK) rendeztük meg a soron következő Vándorgyűlést. A Magyar Talajtani Társaságon kívül a rendezvény szervezésében részt vett a DE MÉK Agrokémiai és Talajtani Intézete és DE Természettudományi és Technológiai Kar (TTK) Földtudományi Intézete, valamint a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH), a Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal Élelmiszerlánc-biztonsági Növény- és Talajvédelmi Főosztály és az Erdészeti Tudományos Intézet, Püspökladányi Kísérleti Állomása.

A MTT vezetése és a Vándorgyűlés Szervező Bizottsága is arra törekedett, hogy a tudományterület széleskörű elméleti és gyakorlati kérdéseivel foglalkozó konferenciának adjon tudományos fórumot. A talajtan klasszikus területei érintették a talajfizika, talajkémia és talajbiológia, valamint a talajtermékenység, a tápanyag-utánpótlás, a talaj vízgazdálkodás és a talajvédelem aktuális problémáit. A talajtan hagyományos témakörein kívül a digitális talajtérképezés, a talajosztályozás újabb eredményeiről is hangoztak el előadások.

A Vándorgyűlés mottója: **„Okszerű talajhasználat – Talajvédelem”** volt. Nagy örömünkre szolgált, hogy több mint 180 résztvevő jelentkezett az eseményre és terepi programon is 110 fő vett részt.

A Vándorgyűlés kiváló szakmai fórumot és lehetőséget biztosított a talajtan területén oktató, kutató, valamint szakértői tevékenységet végző szakemberek számára, hogy beszámoljanak újabb kutatási eredményeikről. A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) szakemberei mellett, a talajtan oktatásában érintett felsőoktatási intézmények (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; Debreceni Egyetem, MÉK, TTK, Karcagi Kutatóintézet, Nyíregyházi Kutatóintézet; Eötvös Lóránd Tudományegyetem (ELTE TTK); Miskolci Egyetem; Nyíregyházi Egyetem; Nyugat-magyarországi Egyetem; Pallas Athéné Egyetem; Pannon Egyetem; Pécsi Tudományegyetem; Szent István Egyetem; Szegedi Tudományegyetem; Széchenyi István Egyetem) képviselői is részt vettek a Vándorgyűlésen. A kutatóintézetek széles köre is képviseltette magát (MTA intézmények: Agrártudományi Kutatóközpont, Agrokémiai és Talajtani Intézet; CSFK Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Magyar Földtani és Geokémiai Intézet; Csillagászati és Földtudományi Kutatóintézet; NAIK ERTI Püspökladányi Kísérleti Állomás; NAIK GYKI Újfehértói Kutató Állomás; NAIK Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet). A felsőoktatási intézményeken és a kutatóintézeteken kívül aktív résztvevői voltak a Vándorgyűlésnek: az Országos Meteorológiai Szolgálat, az Agrova Kft., a Biofil Mikrobiológiai, Géntechnológiai és Biokémiai Kft., a Nyírségvíz Zrt., valamint az Agromechanikai Kft..

A plenáris ülést követően nyolc szekcióülésen, 54 előadás hangzott el. A Talajgenetikai és a Talajbiológiai szekció előadásait a Talajtérképezési és a Talajszennyezettségi szekciók előadásai követték. A Vándorgyűlés második napján a Talajfizikai és talajsványtani, valamint a Talajtermékenység és tápanyag-gazdálkodás szekciókban folytatódtak az előadások délelőtt, délután pedig a Talajvédelmi és talajtechnológiai, valamint a Talajkémiai szekció előadásait hallgathatták az érdeklődők.

A szakmai fórum résztvevői összesen 68 posztert tekinthettek meg. A poszterek egyik felét a Vándorgyűlés második napján délelőtt mutatták be a szerzők, a poszter szekció másik részére pedig délután került sor.

**A Vándorgyűlés szekcióiban az előadások és poszterek témái az alábbiak voltak:**

**Talajbiológia (szekcióelnök: Biró Borbála):** (A talaj, egy komplex rendszer: talajélet, talajerő) Termelés növelők és biofaktorok; különböző mikrobiológiai készítmények, közet őrlmények, talajművelés, szennyvíziszap, trágyázási tartamkísérlet, mikorrhiza gombák talaj-mikrobiológiai hatásai; mikro-respiráció alkalmazása. Művelési módok, agrotechnikai eljárások hatása a talaj mikrobiológiai aktivitására; mikro-ízeltlábuakat monitorozó rendszere ismételt szárazság hatása a talajlakó ízeltlábuakra. Eltérő ökológiai feltételek, a bioszén, a szerves anyag manipuláció hatása a talaj mikrobiológiai, biológiai aktivitására. A talaj mikrobaközösségeinek strukturális és katabolikus diverzitásának vizsgálata.

**Talajgenetika (szekcióelnök: Micheli Erika):** (Megújuló talajosztályozás) Diagnosztikai szemlélet a megújított talajosztályozásban; szikes talajok helye az új talajosztályozásban; az erdészeti talajosztályozás sajátosságai; az ERTI Püspökladányi Állomás talajainak taxonómiai helyzete a WRB szerint. Talajosztályozási rendszerek információ tartalmának összehasonlítása; a hazai genetikai talajszintek leírásának tradicionális és a FAO irányelvei alapján módosított megfelelőinek bemutatása. Hidromorf talajok a karcagi katéna mentén.

**Talajtérképezés (szekcióelnök: Pásztor László):** (Talajok a drónok szemszögéből. A felszín közeli talajadat gyűjtés és a digitális talajtérképezés lehetőségei az UAV technológia segítségével.) Hazai téradat infrastruktúrájának megújítása, termőhely felvételezés és térképezés, talaj specifikus aszály érzékenységi térképek, mikro-domborzat és lefolyás térképezése, erózió térképezés. Erdészeti termőhely értékelés terepi és térinformatikai módszerekkel. Belvíz és aszály kialakulását befolyásoló talajtani tényezők vizsgálata környezetinformatikai eszközökkel. Genetikai talajtípus térkép térbeli növelési digitális talajtérképezési módszerekkel.

**Talajszennyezettség:** Szennyvíziszap komposzt hatása a Rhizobium baktériumokra; réz és cink mennyiségének változása szennyvíziszap komposztban; veszélyes hulladékok hatása a talaj kémiai tulajdonságaira, talajok nehézfém-tartalmának vizsgálata; nehézfém hatása a növényekre és a termés toxikus elemtartalmára tartamkísérletben; vörös-iszap szennyezés.

**Talajfizikai és Ásványtani (szekcióelnök: Makó András):** (A talajok változékonyságának geológiai, geomorfológiai alapjai) Szélsőséges vízgazdálkodási helyzetek talajtani okai; a búzaállomány talajának vízháztartási jellemzői tartamkísérletben; agyagásványok átalakulása és tulajdonságaik változása; ásványi nyersanyagok talajjavítási lehetőségei. Talajnedvesség monitorozása műhold segítségével. Talajjavító ásványi nyersanyagok felmérése. A szabvány szerinti és a lézer-difraktométerrel végzett mechanikai összetétel eredményeinek összehasonlítása; a mechanikai összetétel adatainak harmonizációja, kationos felületaktív anyaggal kezelt talajok porozitás viszonyai; a talajszerkezet változásainak hatása a pórusok méret szerinti eloszlására.

**Talajtermékenység, tápanyag-gazdálkodás (szekcióelnök: Lehoczky Éva):** (Tartamhatások: talaj - növény – környezet) A talaj oldható tápelem-tartalmának változása

baktériumtrágya és különböző szerves anyag alkalmazáskor; fatelepítés lehetőségei réti szolonyec talajon; nyár, akác és tölgy ültetvények hatása a talajra; növénytáplálási kísérlet kedvezőtlen termőhelyen létesített energetikai ültetvényben; gyom vegetáció és biomassza produkció trágyázási tartamkísérletben; talaj és növény beltartalmi értékeinek változása. Művelési rendszerek értékelése talajvizsgálatok alapján. Homoktalajok tápanyag-tartalma a tápanyag ellátás függvényében. A műtrágyák felvehetősége az idő múlásával. A gödöllői műtrágya kísérlet 45 éve. Biotrágyázás hatása a tápelemek feltáródására. Műtrágyázás hatása a talaj tápanyagtartalmára tartamkísérletben. Összefüggések a talajnedvesség vertikális eloszlása és a gyomosodás között.

**Talajvédelem és Talajtechnológia (szekcióelnök: Berényi Üveges Judit):** A talajvédelem helyzete, jelentősége, kihívásai és problémái az ezredforduló után. Szükséges, elégséges, optimális adatok az okszerű talajhasználat és talajvédelem tervezésében és gyakorlatában. Gyepes sávok és/vagy talajkímélő művelés? Szélerózió és a nemes nyárasok talajvédelmi célú vizsgálata. Erózió okozta talajpusztulás vizsgálata terepen és laboratóriumi körülmények között. Talajművelés módok összehasonlítása az erózióra hajlamos badacsonyi szőlőültetvényben. A talaj szerepe az üvegházhatású-gáz leltár szénkészletváltozásának számításában.

**Talajkémia (szekcióelnök: Tolner László):** Biomassza hamu alkalmazhatósága, humuszoldat adszorpciós és deszorpciós kinetikája; a bioszén és szennyvíziszap komposzt hatása a tápelemek mobilitására; a talaj fizikai és kémiai tulajdonságainak változása környezeti hatásra és művelési mód hatására; komposzt mineralizáció dinamikája talajérlelési kísérletben. Az eutrofizációs folyamatok megelőzése bentonitokkal. Komposztanyagok kadmium, réz és cink megkötő képessége. A növényzet hatása a talaj redox- és kémhatás viszonyainak dinamikájára. A talajok nitrit-nitrát tartalmának anomáliái extrém száraz körülmények között.

A korábbi évek hagyományainak megfelelően a 2016. évi Vándorgyűlés keretében a Vándorgyűlés második napján délután került sor a **talajvédelmi szakértők továbbképzésére**.

A Vándorgyűlés harmadik napján az előadásokat és a poszter bemutatót **terepi tanulmányúttal** egészítettük ki, amelynek során az Erdészeti Tudományos Intézet (ERTI) Püspökladányi Kísérleti Állomáshoz tartozó szikjavítási kísérlet jellegzetes talajait, valamint az erdészeti kutatások eredményeit ismerhettük meg.

A Talajvédelem folyóirat különszámában válogatást közöl a Vándorgyűlésen bemutatott tudományos eredményekből. A beküldött kéziratokat a tudományos bizottság, valamint a szakosztály tagjai véleményezték, lektorálták. Végül 52 kézirat került be a kötetbe.

Debrecen, 2017-07-08.

Kátai János

a Vándorgyűlés szervezőbizottságának elnöke





**Szőlőoltványok mikorrhizálásának hatása a talaj tápelem készletének hasznosítására**

*Csikászné Krizsics Anna, Bene László*

*Pécsi Tudományegyetem Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet,*

*7634. Pécs, Pázmány P. u. 4., e-mail: krizsics.anna@pte.hu*

**Összefoglalás**

A talaj tápanyagkészletének mobilizálásában fontos szerepe van a gazdanövény gyökerei és mikorrhiza gombák közötti kapcsolatnak. Ennek tanulmányozását - különböző talajtípusokon - mikorrhiza oltással telepített szőlőültetvényekben végeztük. A kezelésekhez Symbivit oltóanyagot alkalmaztunk. A vizsgálatba két területet vontunk be: Pécsen permi vörös homokkő alapkőzetén kialakult visszameszeződött Ramann-féle barna erdőtalaj; míg Szekszárd-Leányváron löszön kialakult karbonátos csernozjom barna erdőtalaj a talajtípus. A telepítéseket követő évben a foszfor és több mikroelem koncentrációja a kezelt tőkék leveleiben alacsonyabb volt a kontroll értékeknél. A rákövetkező években viszont a tendencia megfordult több tápelem vonatkozásában.

**Abstract**

The symbiosis between mycorrhiza fungi and host plant roots has an important role in the mobilization of nutrient resources of the soil. This cooperation of plant and fungi was studied on different soil-types, in vineyards planted with mycorrhiza inoculated grapevine grafting. Symbivit inoculum was used for the treatment. In the study two sites were involved, one in Pécs – where the soil-type is back-limed Ramann-type of brown forest soil formed on Permian red sandstone bedrock. The other in Szekszárd-Leányvár, on calcareous chernozem brown forest soil evolved on loess. In the subsequent year after plantation, the concentration of phosphorus and several microelements was lower in the leaves of treated stocks compared to the control. However, in the following years this tendency has turned back in aspect of some nutrients.

**Bevezetés**

Az arbuskuláris mikorrhiza gombák (AMF) szerepe a növények ásványi táplálkozásában komplex, talaj – növény - gombaközösség közötti kölcsönhatások érvényesülnek (VAN DER HEIJDEN et al., 1998). A növényfaj gombafüggését meghatározza a gyökérszerkezet és a gyökérszőrök sűrűsége (BAYLIS, 1975). A szőlőnővény számára – alanyfajtától függően eltérő mértékben – energia megtakarítást jelent a gombatárs szolgáltatásainak igénybevétele (SCHACHTMAN et al., 1998). A tápanyag szolgáltatásra gyakorolt hatás a gombafajok diverzitásától is függ; ugyanakkor az ültetvények, mint monokultúrák kedvezőtlenül hatnak a mikrobaközösség összetételére (BOUFFAUD et al., 2016). A növényi növekedés és egészség érdekében ígéretes lehetőség a mikorrhiza gombával történő vitalizáló oltás. Az inokuláció eredményeként a környezeti hozzáadott érték mellett a gazdasági szempontok érvényre jutásához figyelembe veendő szempontokat VERBRUGGEN et al. (2013) összegzik. A talajtípus (CZAKÓ-VÉR & BIRÓ, 2008), a talaj

tápanyag ellátottsága is eltérő módon hat a különböző gombafajokra; a tápanyag bőség mérsékelheti a gyökerek kolonizáltságát (SCHREINER, 2005), növekedés gátló, termés csökkentő hatás is érvényesülhet (VERBRUGGEN et al., 2011). Szőlőültetvényeknél a sorköz takarónövényzete (HOLLAND et al., 2014) és a termesztés-technológia (SCHREINER, 2005, DONKÓ, 2015) is alakítja a talajban a mikrobiális erőviszonyokat.

Kísérleteink beállításának célja a jó agronómia gyakorlatok megalapozása. Ehhez szabadföldi viszonyok között értékeljük két különböző talajtípuson a mikorrhiza oltás hatását a szőlőtöke tápanyag felvételére különböző alany-nemes fajta kombinációkon.

### Anyag és módszer

**I. Szentmiklós-hegyi helyszín:** az üzemi méretű szabadföldi kísérlet a Pécsi Tudományegyetem Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet Kísérleti Telepén került beállításra 2010-ben. Permi vörös homokkő, pannon homok és pannon agyag keveréke a talajképző közet. A talaj típusa visszameszeződött Ramann-féle barna erdőtalaj. A talaj homokos vályog kötöttségű, gyengén meszes, enyhén lúgos kémhatású. Nagyon magas a talaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalma (1115 mg/kg), s igen jó a kálium ellátottsága is (AL-K<sub>2</sub>O: 372 mg/kg) a 0-60 cm-es talajrétegben. A terület a forgatást megelőzően két ütemben 60 t/ha szarvasmarha trágyát kapott. A sortávolság 2,4 m, a tőtávolság 1,0 m. Az ültetvény *Berlandieri x Riparia* Teleki 5C alanyra oltott Cirfandli fajta, melynek növényvédelme az integrált termesztés előírásainak betartásával történt.

**II. Leányvári kísérleti helyszín:** a Szekszárd melletti Zombai határban lösz alapkőzetben képződött karbonátos csernozjom barna erdőtalajon létesült ültetvény. A terület jó tápanyag ellátottsággal rendelkezik, ezért sem szerves-, sem műtrágyát nem dolgoztak be a telepítést megelőzően. A kísérletben szereplő fajták a PTE Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet új betegség-ellenálló fajtajelöltjei, kémiai növényvédelemben nem részesültek. Az értékelésre kerülő vörös bort adó fajtajelölt a 04-7/108 (108), ill. a fehér bort adó a 01-1/852-es (852) jelzésű. A szőlőtelepítésre 2012., ill. 2013. áprilisában *Berl. x Rip.* T. 5C (5C), ill. Fercal alanyon került sor. A telepítés ikertőkés, az ültetvény térállása 2,9 x 0,8+0,1 méter.

Az ültetvények telepítése során az arbuskuláris mikorrhiza (AM) gombákkal történő kezeléshez a kereskedelemben kapható 5 AM gombatörzslet (*Glomus intraradices*, *G. claroideum*, *G. microaggregatum*, *G. mosseae*, *G. etunicatum*) tartalmazó oltóanyagot (SYMBIVIT) használtuk. Mindkét kísérletben a telepítéssel egy menetben, a gyökerekre vittük fel a készítményt. Az oltóanyagból egy-egy tőkére kb. 25 gramm került. A kontroll parcellák tőkéit - a gyökér visszametszést követően - kezelés nélkül ültettük el. A kezelt 10 (Pécs) ill. 2x10 tőkés (Leányvár) parcellákat – öt, ill. három ismétlésben - jelöltük ki. Mindkét ültetvény sorközeiben, a mikorrhizáltság növelése érdekében, különböző zöldtrágyanövények vetésére is sor került.

A mikorrhizaoltás eredményességének megállapításához 2-2 alkalommal, május-június, ill. szeptember-október hónapokban gyökérmintát vettünk, melyeket a NÉBIH Pécsi Talajbiológiai Laboratóriumában vizsgáltak meg. A mikorrhiza kolonizációs intenzitás (M%) és az arbuszkulum gazdagság (A%) alakulásáról, továbbá a kezdeti növényfejlődés intenzitásáról korábbi publikációinkban számoltunk be (CSIKÁSNÉ et al., 2013, CSIKÁSNÉ et al., 2015.)

## Szőlőoltványok mikorrhizálásának hatása a talaj tápelem készletének hasznosítására

A levélvizsgálatokhoz a hajtásról (alulról) az 5. ill. 6. levelet gyűjtöttük be a virágzás (VI. hó) és az érés (IX. hó) fenológiai stádiumában, ill. a hajtáson a legelső fürttel átellenben lévő. A levelek tápelem tartalmát (P, K, Ca, Mg, Zn, B, Mn) a Kutatóintézet akkreditált laboratóriumában (mintánként 40-50 levél) Schimadzu ICP-OES készülékkel határoztuk meg. A nitrogént Kjeldahl módszerrel, a Foss cég automata készülékével vizsgáltuk. A pécsi eredmények statisztikai elemzését kétféle variánsos varianciaanalízissel végeztük.

### Eredmények és értékelésük

#### I. Pécsi kísérlet

A levélanalízis eredmények alakításában az évjárat jellege meghatározó tényező (KÁDÁR, 1992). Pécsen csupán a virágzaskor vett minták Ca, ill. az érés időszakában megszedett minták Mg koncentrációja nem mutatott szignifikáns összefüggést az évjáratral. A levélvizsgálatok szerint a Círfandli fajtát e két tápelem hiánya jellemzi - a talaj megfelelő ellátottsági értékei ellenére. A többi tápelem esetében az évjáratok jellege dominált a növényi ellátottság alakulásában (1. táblázat).

**1. táblázat: Círfandli fajta levélanalízis eredményei, Pécs 2011-2015.**

Tápelem	Kezelés	2011.		2012.		2013.		2014.		2015.		Optimális értékek	
		virágzás	érés	virágzás	érés	virágzás	érés	virágzás	érés	virágzás	érés	virágzás	érés
Nitrogén	kontroll	3,33	2,08	2,45	2,11	2,79	1,70	2,90	1,77	2,50	1,73	2,76 -	1,76 -
	kezelt	2,84	1,89	2,42	2,05	2,72	1,67	2,93	1,79	2,52	1,72	3,30	2,10
Foszfor	kontroll	0,32	0,24	0,26	0,13	0,25	0,20	0,27	0,27	0,23	0,18	0,25 -	0,16 -
	kezelt	0,28	0,26	0,25	0,15	0,25	0,19	0,27	0,26	0,23	0,21	0,30	0,23
Kálium	kontroll	1,38	0,72	1,10	0,78	0,98	0,96	1,42	1,23	1,30	0,87	1,21 -	1,01 -
	kezelt	1,28	0,66	1,15	0,97	1,00	1,04	1,39	1,26	1,36	0,95	1,40	1,40
Kalcium	kontroll	2,09	4,01	1,73	3,52	1,71	3,47	1,83	3,72	1,82	3,38	2,50 - 3,20	
	kezelt	1,99	4,40	1,79	3,61	1,78	3,45	1,92	3,82	1,87	3,37		
Magnézium	kontroll	0,20	0,31	0,14	0,34	0,16	0,26	0,20	0,32	0,19	0,26	0,25 -	0,30 -
	kezelt	0,18	0,29	0,13	0,30	0,16	0,23	0,21	0,32	0,20	0,29	0,30	0,40
Mangán	kontroll	143	167	127	177	181	122	74	101	397	191	80 - 120	
	kezelt	67	152	116	170	152	121	63	114	417	188		
Cink	kontroll	21	17	8	10	57	74	41	92	117	58	25 - 40	
	kezelt	13	19	8	14	39	76	50	92	128	67		
Réz	kontroll	8	1266	6	673	9	16	6	227	10	254	20 - 25	
	kezelt	2	1061	2	770	9	17	7	252	12	230		
Bór	kontroll	33	62	29	31	35	61	40	44	43	28	20 - 40	
	kezelt	31	54	26	29	37	56	39	40	43	28		

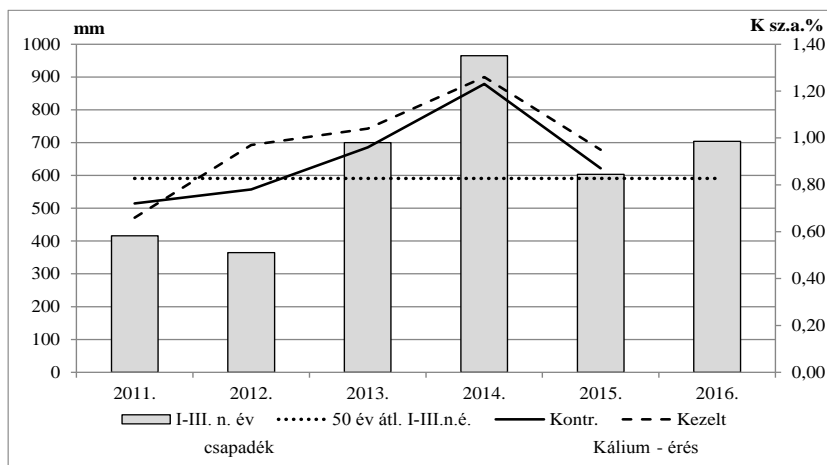
Az oltást követő évben, 2011-ben az AM kezelt parcellákról származó levelek P, Zn, Mn és Cu tartalma a virágzási időszakban számottevően alacsonyabb volt a kontroll parcellák értékeinél. A **foszfor virágzaskori értékei** az ezt követő négy évben optimális tartományba eső vagy attól csak kissé elmaradó értékeket mutattak mind a kontroll, mind a kezelt mintákban. SEDLÁČEK et al. (2013) Symbivit készítménnyel végzett két éves kísérletükben hasonló módon nem találtak különbséget a kontroll és kezelt minták foszfor értékei között a zsendülési időszakban. Az **érés**kor vett pécsi mintákban egyértelműen jelentkezett az évjárathatás, melynek eredményeként 2012-ben alacsony, 2013-ban és 2015-ben optimális, míg 2011-ben és 2014-ben magas ellátottság jellemezte az ültetvényt. Ezen belül a kontroll és kezelt parcellák eredményei között 10%-ot meghaladó eltérést három

évben (2011-2012, 2015) figyeltünk meg a mikorrhizával kezelt parcellák javára. A kezelések közötti különbség statisztikailag nem igazolható.

A **mangán** ellátottsági értékek a 2014-es évet kivéve magasak, 2014-ben virágzaskor alacsony, éréskor optimális tartományba tartozók. A kezelt és kontroll minták Mn koncentrációja közötti eltérés a 2011-es év után jelentősen mérséklődött, de a továbbiakban is jellemző hogy a kezelt parcellákról származó minták értékei alacsonyabbak. A **virágzaskori** eredmények esetében a mikorrhiza kezelés Mn koncentráció-csökkentő hatása szignifikáns ( $p=0,07$ ). BIRICOLTI et al. (1997) és KARAGIANNIDIS et al. (2007) is csökkent mangán felvételtől adtak számot. A Mn koncentráció csökkenése elvileg a növekedési erély fokozódásának, illetve a víztartalom növekedésével járó felhígulásnak is lehet az eredménye (ZANATHY et al., 2011). KOTHARI et al. (1991) azonban a mikorrhizák közvetett hatásának tulajdonítja a Mn és Fe felvételre gyakorolt hatást. A gyökérszónában a mikorrhizák képesek módosítani a Fe és Mn redukáló mikroorganizmus populációt, melynek eredményeként a talajban a redukált Mn mennyisége és így a felvehetősége is csökken.

A levelekből meghatározott érés kori **réz** tartalom értékekre az alkalmazott növényvédelmi technológia rányomja a bélyegét. **Virágzásig** azonban nem szerepelt a technológiában Cu tartalmú növényvédőszer, minden évben alacsony Cu ellátottság jellemezte az ültetvényt. 2011-2012-ben a kontroll parcellákból származó minták eredményei voltak jelentősen magasabbak, míg 2014-'15-ben a tendencia megfordult a mikorrhiza kezelt minták javára. BIRICOLTI (1997) 5BB alanyon a mikorrhizával kezelt szőlőtőkék leveleiben szintén magasabb Cu, ugyanakkor alacsonyabb B, Mn és Zn koncentrációt figyelt meg.

A levelekből meghatározott **kálium** tartalom az évjárathatás mellett kezeléshatást is mutat. A K szintek virágzaskor 2012-2013-ban, éréskor viszont három évben is (2011-2012, 2015) alacsonyak – a fennmaradó időszakokban megfelelőek (**1. ábra**). Az **érés**kor mért értékek pozitív kezeléshatásról tanúskodnak ( $p=0,08$ ). A mikorrhizált tőkékről származó levelek magasabb K koncentrációjáról több publikációban is beszámoltak (KARAGIANNIDIS et al., 2007).



**1. ábra: A levelek kálium tartalmának alakulása éréskor a pécsi kísérletben (2011-'16.)**

## Szőlőoltványok mikorrhizálásának hatása a talaj tápelem készletének hasznosítására

A **tápelemek** mért értékei mellett fontos ezek egymáshoz viszonyított **aránya**. A N/P arány az ültetvényben optimális, viszont 2011-ben a kezelt mintában (a magas érés kori érték miatt) enyhe relatív túlsúly mutatkozik foszforból. A vegetációs időszakon belül is többnyire megfelelően alakult a két tápelem viszonya, csupán két évben érés idején jelentkezett diszharmónia: 2012-ben relatív P-hiányt, 2014-ben pedig P túlsúlyt mutat a viszonyszám. A foszfornak a káliumhoz viszonyított mennyisége éves átlagban szintén optimális 2012-2015-ben. 2011-ben viszont a relatív P többlet nem csak a N-el, hanem a K-al szemben is megfigyelhető – elsősorban az érési időszakban. Az évjárat jellegéből adódóan 2015-ben a virágzási időszakban abszolút és relatív foszforhiány jellemezte az ültetvényt.

### II. Szekszárd- Leányvári eredmények

A szekszárdi szabadföldi kísérletből 2-2, eltérő jellegű év levélvizsgálati eredményei állnak rendelkezésre. 2014-ben és 2016-ban virágzáskor (**2. táblázat**), 2013-ban és 2014-ben az érési időszakban (**3. táblázat**) kerülhetett sor levélmintázásra.

**2. táblázat: Virágzási időszakban vett levélminták vizsgálati eredményei, Szekszárd-Leányvár 2014., 2016.**

Fajtajelölt-alany	Kezelés	N		P		K		Ca		Mg		Fe		Mn		Zn		Cu		B	
		m/m% absz. s.z.a.										mg/kg absz. s.z.a.									
		2014.	2016.	2014.	2016.	2014.	2016.	2014.	2016.	2014.	2016.	2014.	2016.	2014.	2016.	2014.	2016.	2014.	2016.	2014.	2016.
108-5C	kontroll	2,89	2,83	0,27	0,23	1,28	1,05	2,29	1,94	0,25	0,25	164	95	131	151	28	23	4,0	17	44	34
	kezelt	2,87	2,94	0,30	0,24	1,31	1,17	2,46	2,03	0,26	0,30	133	307	138	179	28	24	4,0	18	50	33
852-5C	kontroll	3,25	3,32	0,29	0,24	1,14	1,22	2,80	2,07	0,28	0,21	169	129	196	175	27	27	9,0	13	72	52
	kezelt	3,31	3,46	0,29	0,26	1,05	1,24	2,98	2,32	0,33	0,22	183	140	209	175	29	25	8,0	14	79	53
108-Fercal	kontroll		2,63		0,24		1,00		1,90		0,26		96		224		26		8		37
	kezelt		2,59		0,23		1,00		1,95		0,26		100		241		31		19		38
852-Fercal	kontroll		3,12		0,30		1,11		1,72		0,23		142		300		35		11		57
	kezelt		3,18		0,26		1,11		1,63		0,23		38		304		32		11		55
Optimális értékek:		2,76 - 3,30		0,25 - 0,30		1,21 - 1,40		2,50 - 3,20		0,25 - 0,30		80 - 120		80 - 120		25 - 40		20 - 25		20 - 40	

**3. táblázat: Érési időszakban vett levélminták vizsgálati eredményei, Szekszárd-Leányvár 2013-2014.**

Fajtajelölt-alany	Kezelés	N		P		K		Ca		Mg		Fe		Mn		Zn		Cu		B	
		m/m% absz. s.z.a.										mg/kg absz. s.z.a.									
		2013.	2014.	2013.	2014.	2013.	2014.	2013.	2014.	2013.	2014.	2013.	2014.	2013.	2014.	2013.	2014.	2013.	2014.	2013.	2014.
108-5C	kontroll	2,23	2,14	0,13	0,26	0,43	0,75	1,92	4,48	0,37	0,66	212	235	183	265	13	33	22	4	27	37
	kezelt	2,21	2,06	0,13	0,28	0,52	0,84	2,17	4,39	0,44	0,60	248	235	207	261	17	39	27	71	33	36
852-5C	kontroll	2,71	2,36	0,19	0,29	0,64	0,84	2,98	4,06	0,40	0,57	261	218	384	330	23	29	31	5	46	54
	kezelt	2,64	2,36	0,20	0,33	0,51	0,77	2,55	4,10	0,50	0,63	242	238	324	324	21	25	29	9	61	62
Optimális értékek:		1,76 - 2,10		0,16 - 0,23		1,01 - 1,40		2,50 - 3,20		0,30 - 0,40		80 - 120		80 - 120		25 - 40		20 - 25		20 - 40	

A 2014-es csapadékos évben **virágzáskor 5C alanyon** mindkét vizsgált fajtajelölt optimális N, P, Mg és Zn értékekkel rendelkezett. A kezelt minta P tartalma a 108-as fajtajelölnél 10%-ot meghaladó mértékben magasabb volt, a 852-es fajtajelölnél viszont nem, utóbbinál a Mg sz.a.%-nál figyeltünk meg pozitív eltérést. A többi tápelem esetében 2014-ben az eltérések kisebb mértékűek voltak. A 2016-os év virágzás előtti időszakában lehullott csapadék mennyisége átlagos volt, több tápelemnél mutatkozott hiány, mint a csapadékos 2014-es évben. A 108-as fajtajelöltnek 5C alanyon a P, K, Ca és Zn, a 852-es leveleinek pedig a Ca és Mg értékei alacsonyak – azonos talajadottságok mellett. Mindkét fajtánál kisebb vagy nagyobb mértékben magasabb volt a makroelem tartalom a mikorrhizával kezelt tőkékről származó levélmintákban.

2016-ban a **Fercal alanyon** lévő ültetvény eredményei is rendelkezésre állnak. A 108-as fajtajelölnél az 5C alanyhoz viszonyítva a nitrogén értékek elmaradnak az optimum tartománytól. A kontroll és kezelt parcellák levélvizsgálati eredményei között minimális a különbség a vizsgált tápelemeknél, kivételt csak a Zn jelent, ahol a kezelt minta értékei a magasabbak. A Fercal alanyon lévő 852-es fajtajelölnél a Ca és Mg mellett a K értékek is alacsonyak. A kontroll és kezelt minták eredményei közötti különbség ebben az esetben is kisebb, mint az 5C alanyra oltottnál. 10%-ot meghaladó eltérés csak a P-nál figyelhető meg a kontroll javára. Ez alapján feltételezhető, hogy az erőteljesebb növekedésű és „élelmesebb” Fercal alanyra oltott tőkéknek kisebb az affinitása a gombatárshoz. Ezek az eredmények összhangban vannak a MEYER et al. (2004) kísérletében megállapítottakkal, mely szerint a mikorrhizált tőkék leveleinek tápelem tartalma (N, P, K) nem tért el a kontrollétól, a foszfor szint pedig a mikorrhizált tőkénél volt alacsonyabb (kísérletükben 110R és 101-14 Mgt alanyokon lévő Merlot fajtán).

Az 5C alanyon lévő fajtajelöltek az **érés időszakban** is különbözőképpen hasznosították a talajkészleteket a száraz 2013-as, ill. csapadékos 2014-es években. A 2013-as évben – a nitrogént kivéve – a többi tápelem szintje alacsonyabb volt a levelekben, mint 2014-ben. A mikorrhiza oltás tápelem felvételre gyakorolt hatása - szabadföldi körülmények között - számos tényezőtől függ: az alany, az alany-nemes kölcsönhatás, a nemesfajta tápanyagigénye, a talaj termékenységse, a talaj kémhatása, a talajnedvesség, a termés nagysága valamint az AM gombatörzs típusa (SCHREINER, 2003) érvényesül. Így a kísérletek eredményei között nagy különbségek lehetnek, amit még a természetstechnológia is alakíthat. LINDERMAN (2008) az AM gombákkal végzett kísérletek ellentmondásos eredményeinek magyarázatát a különböző talajok eltérő minőségű és összetételű mikrobaközösségeinek hatásában látja. PETGEN et al. (1998) szerint a mikorrhiza kijuttatás mélysége szerint is eltérő a kezeléshatás, továbbá a levélanalízis eredmények értékelésénél az is meghatározó, hogy a levéllemezben vagy a levélnyélben és a vegetáció melyik időszakában mért értékeket vizsgáljuk.

### Következtetések

Kísérleteink bizonyították, hogy a talaj őshonos mikorrhiza populációja mellett az évjáratok, a talajtípus továbbá az adott szőlőfajta különböző alanyfajtákon is eltérő reakciót ad a mikorrhiza kezelésre, ami a talaj – növény - gombapartner közötti szimbiózis feltérképezésének a fontosságát jelzi. A mikorrhiza oltás szabadföldi alkalmazásának eredményessége ezen ismeretek nélkül bizonytalan.

A Szekszárdi kísérlet végrehajtását a GOP-1.1.1.-11-2011-0024 jelű projekt támogatta.

**Irodalomjegyzék**

- BAYLIS, G.T.S. (1975): The magnoloid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In: Sanders, F.E., Mosse, B. & Linker, P.E. (Eds.): Endomycorrhiza. Academic, London. pp. 373-389.
- BIRICOLTI, S., FERRINI, F., RINALDELLI, E., TAMANTINI, I. & VIGNOZZI, N. (1997): VAM fungi and soil lime content influence rootstock growth and nutrient content. Am. J. Enol. Viticult. **48**. 93-99.
- BOUFFAUD, M.L., BERNAUD, E., COLOMBET, A., VAN TUINEN, D., WIPF, D. & REDECKER, D. (2016): Regional-scale analysis of arbuscular mycorrhizal fungi: the case of Burgundy vineyards. J. Int. Sci. Vigne Vin **50**. (1) 1-8.
- CZAKÓ-VÉR K. & BIRÓ B. (2008): *Elymus elongatus* cv. Szarvasi-1 energiafű talajfüggő biomassza produkciója és néhány rhizobiológiai tulajdonsága. Talajvédelem 375-381.
- CSIKÁSZNÉ KRIZSICS A., WERNER J., KOZMA P. & ÁRVAY GY. (2013): Mikorrhiza oltás hatékonyságának vizsgálata Círfandli szőlőfajta klónjain Ramann-féle barna erdőtalajon. Talajvédelem 115-122.
- CSIKÁSZ-KRIZSICS A., BENE L. & KOZMA P. (2015): A mikorrhizaoltás és az alanyfajta hatása rezisztens szőlőfajták fejlődésére. Kertgazdaság **47**. (1) 21-29.
- DONKÓ Á. (2015): A termőhely, valamint egyes agro- és fitotechnikai műveletek hatása a szőlő mikorrhiza-kolonizációjára. PhD dolgozat. BCE Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest. pp.109.
- HOLLAND, T.C., BOWEN, P., BOGDANO, C. & HART, M.M. (2014): How distinct are arbuscular mycorrhizal fungal communities associating with grapevines? Biol. Fert. Soils **50**. 667-674.
- KÁDÁR I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest. pp.157-197.
- KARAGIANNIDIS, N., NIKOLAOU, N., IPSILANTIS, I. & ZIOZIOU, E. (2007): Effects of different N fertilizers on the activity of *Glomus mosseae* and on grapevine nutrition and berry composition. Mycorrhiza **18**. (1) 43-50.
- KOTHARI, S.K., MARSHNER, H. & RÖMHELD, V. (1991): Effect of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere microorganisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentrations in maize (*Zea mays* L.). New Phytol. **117**. 649-655.
- LINDERMAN, R.G. (2008): The mycorrhizosphere phenomenon. In: Mycorrhiza Works. (Ed.: Feldman, F., Kapulnik, Y. & Barr, J.) 341-355. Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig, Germany.
- MEYER, A.H., VALENTINE, A.J., BOTHA, A., ARCHER, E. & LOUW, P.J.E. (2004): Young grapevine response and root colonisation following inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. S. Afr. J. Enol. Viticult. **25**. (1) 26-32.
- PETGEN, M., SCHROPP, A., GEORGE, E. & RÖMHELD, V. (1998): Einfluss unterschiedlicher Inokulationstiefen mit dem arbuskulären mikorrhizapilz *Glomus mosseae* auf die Mykorrhizierung bei Reben (*Vitis sp.*) in Wurzelbeobachtungskästen. Vitis **37**. 99-105.

- 
- SCHATMAN, D.P., REID, R.J. & AYLING, S.M. (1998): Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiol.* **116**. 447-453.
- SCHREINER, R.P. (2003): Mycorrhizal colonization of grapevine rootstocks under field conditions. *Am. J. Enol. Viticult.* **54**. (3) 143-149.
- SCHREINER, R.P. (2005): Mycorrhizas and mineral acquisition in grapevines. *American Society for Enology and Viticulture – Soil Environm. Vine Miner. Nutrit.* 49-60.
- SEDLACEK, M., PAVLOUSEK, P., LOSAK, T., ZATLOUKALOVA, A., FILIPCIK, R., HLUSEK, J. & VITEZOVA, M. (2013): The effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the content of macro and micro elements in grapevine (*Vitis vinifera*, L.) leaves. *Acta Univ. Agric. Silvicult. Mendelianae Brunensis* **61**. (1) 187-191.
- VAN DER HEIJDEN, M.G.A., KLIRONOMOS, J.N., URSIC, M., MOUTOGLIS, P., STREITWOLF-ENGEL, R., BOLLER, T., WIEMKEN, A. & SANDERS, I.R. (1998): Mycorrhizal fungal diversity determines plant diversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* **396**. 69-72.
- VERBUGGEN, E., VAN DER HEIJDEN, M.G.A., RILLIG, M.C. & KIERS, E.T. (2013): Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: factors determining inoculation success. *New Phytologist*. 197:1104-1109.
- VERBUGGEN, E., KIERS, E.T., BAKELAAR, P.N.C., RÖLING, W.F.M. & VAN DER HEIJDEN, M.G.A. (2011): Provision of contrasting ecosystem services by soil communities from different agricultural fields. *Pl. Soil* pp.13. DOI 10.1007/s11104-011-0828-5
- ZANATHY G., DONKÓ Á., LUKÁCSY GY., BODOR P. & BISZTRAY GY.D. (2011): A mikorrhiza gombák jelentősége a szőlőtermesztésben (Review). *Kertgazdaság* **43**. (1) 34-46.



**Agrotechnikai tényezők hatása a dehidrogenáz-enzim aktivitására egy trágyázási tartamkísérletben**

*Horváth Judit*

*Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar*

*4032 Debrecen Böszörményi út 138.*

*E-mail: judit.horvath@unideb.hu*

**Összefoglalás**

A fenntartható fejlődés egyik kulcsfontosságú eleme a talaj ésszerű hasznosítása, védelme, sokrétű funkció-képességének megőrzése. A tartamkísérletek vizsgálata fontos, mivel egy helyen, ugyanazon talajtulajdonságok és környezeti feltételek mellett modellezhetjük a hatásokat. Az ásványi tápanyag utánpótlást és annak hatását nyomon kell követni és igyekezni kell megismerni a bekövetkezett változásokat, azok irányát, veszélyeit. A dehidrogenáz enzim aktivitásával a talajban előforduló mikrobiális szervezetek metabolikus tevékenységét értékelhetjük, amely utal a talaj mikrobiális biomassza aktivitására is. Dolgozatunk célkitűzése, hogy megállapítsuk a talaj dehidrogenáz-enzim aktivitásának változásait különböző agrotechnikai tényezők hatására egy tartamkísérleti háttérrel.

**Summary**

The research topic has timeliness, because the rational utilization and protection of the soil - besides the conservation of its diverse functions – are parts of the sustainable development. Research of the long-term experiments is essentially important, because it is able to give model-data regarding the long-term, time-lapse effects about the same place, under the same conditions. If we want to get accurate information about the way and danger of changes, we should track the resupply and effect of the mineral nutrients and the removed quantity of nutrients with the harvest. During the research of the dehydrogenase we can get important data about the vitality and the metabolic activity of the microbial organisms in the soil. The purpose of this study is to examine the effect of different agro technical factors on the soil dehydrogenase activity in a long-term field experimental background.

**Bevezetés**

A talaj az egyik legértékesebb megújítható természeti erőforrásunk, ezért védelme kiemelkedő jelentőségű a fenntartható fejlődés szempontjából (NÉMETH, 2005). Nyomon kell követnünk, hogy a különböző agrotechnikai tényezők hogyan befolyásolják a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatokat. Így reális helyzetet kapunk a talajban végbemenő változásokról (KOTROCZÓ et al., 2014).

A talajban élő mikroorganizmusok fontos szerepet játszanak - a talajok fizikai és kémiai tulajdonságain kívül – a szerves anyagok átalakulásában is (KÁTAI, 1999). A talajenzimek

vizsgálatából következtethetünk a talajban lévő szerves anyag bomlásának tulajdonságaira, mivel információt adnak a talaj mikrobiológiai és fizikai-kémiai állapotáról. Elsősorban a dehidrogenáz-enzim vizsgálatával kaphatunk fontos információkat a talaj mikrobiális aktivitásáról (VERES et al., 2013). Mivel a dehidrogenáz-enzim szerves része az ép sejteknek, ezért betekintést nyerhetünk a talaj mikroorganizmusaiiban lejátszódó oxidatív folyamatokról. A dehidrogenáz a rizoszférában található mikroorganizmusok metabolikus tevékenységét is jelzi, mivel a redoxfolyamatok általánosan elterjedt katalizátora és a talaj oxidatív folyamatainak az indikátora (TABATABAI, 1982; TREVORS, 1984; ANTAL & ANTON, 1986; KHALIF et al., 2004). A dehidrogenáz enzim csak az élő sejten belül működőképes, így az élő mikrobiális biomassza aktivitására következtethetünk mennyiségéből. A dehidrogenáz az anyagcsere-aktivitás állapotát mutatja meg, mivel a sejtek metabolikus reakcióiban alapvető fontosságú (SZILI-KOVÁCS et al., 2011).

Az évszakok változását mind a mikrobiális biomassza, mind a talajban előforduló enzimek funkcionalitása tükrözi. Egyesítik a hőmérséklet, a nedvességtartalom, a tápanyagok hozzáférhetősége és más környezeti tényezők együttes hatását. A dehidrogenáz azok közé az enzimek közé tartozik, amelyek aktivitása az évszakok változásával erősen ingadozik. WOLIŃSKA & STĘPNIEWSKA (2012) leírták, hogy a talaj nedvességtartalma nagymértékben befolyásolja a talaj mikrobiológiai tulajdonságait. Eredményeik megmutatták, hogy szoros korreláció van a talaj nedvességtartalma és a talajban élő mikroorganizmusok túlélőképessége és működőképessége között.

A trágyázás hatással lehet a talajban élő mikroorganizmusokra és így az enzimaktivitásra is. A kutatók sokszor azt feltételezik, hogy a műtrágyák kevésbé vannak hatással a talajéletre, mint a szerves trágyák (ROMERO et al., 2010).

A talaj szerves anyag tartalma kiemelkedő jelentőségű talajenzim aktivitás szempontjából, elsősorban a mikroorganizmusok élet-tevékenységeire van hatással (WOLIŃSKA & STĘPNIEWSKA, 2012). Ezért fontos, hogy a különböző vetésváltások hatását is vizsgáljuk, mivel a vetésváltás nagymértékben befolyásolja a talaj szerves anyag tartalmát és azon keresztül hat a mikrobiológiai tulajdonságokra is.

### Anyag és módszer

A trágyázási tartamkísérlet beállítására - Debrecentől 15 km-re, Látóképen - 30 évvel ezelőtt került sor mészlepedékes-csernozjom talajon (Chernozem in WRB). A kísérleti területen található talaj jó szerkezetű, közép kötött, fizikailag a vályog kategóriába sorolható. Humusztartalma közepes, kémhatása gyengén savanyú-savanyú, felvehető foszfor- és káliumtartalom szempontjából közepesen, illetve jól ellátott. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai kedvezőek.

**1 táblázat: A tartamhatás-kísérletben alkalmazott műtrágya kezelések, dózisos és a jelölésük. Debrecen, Látókép.**

Kezelések jele és kezelések	
1	Kontroll
2	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>
3	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>
4	N <sub>180</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>
5	N <sub>240</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>

## Agrotechnikai tényezők hatása a dehidrogenáz-enzim aktivitására egy trágyázási tartamkísérletben

A vizsgálatainkat kukorica mono-, kukorica-búza bi-, és kukorica-búza-borsó tri-kultúrában végeztük. A különböző kezelések hatását vizsgáltuk a talaj dehidrogenáz enzim aktivitására, különböző adagú trágyadózisok mellett [Kontroll 1(0), kis 2 (N<sub>60</sub> P<sub>45</sub> K<sub>45</sub>), közepes 3 (N<sub>120</sub> P<sub>90</sub> K<sub>90</sub>), nagy 4 (N<sub>180</sub> P<sub>135</sub> K<sub>135</sub>), túlzott 5 (N<sub>240</sub> P<sub>180</sub> K<sub>180</sub>) dózisok] (1. táblázat), öntözetlen és öntözött körülmények között, tavasszal és ősszel.

A dehidrogenáz enzim aktivitásának mérését, INT (jodo-nitro-tetrazolium-formazán) szubsztráttal, MERSI (1996) szerint végeztük. A mintavételezésre 2014. április 22-én és október 8-án került sor. Az eredmények értékelése során SPSS 13.0 for Windows és Microsoft Office Excel 2007 programokat használtunk.

### Eredmények és értékelésük

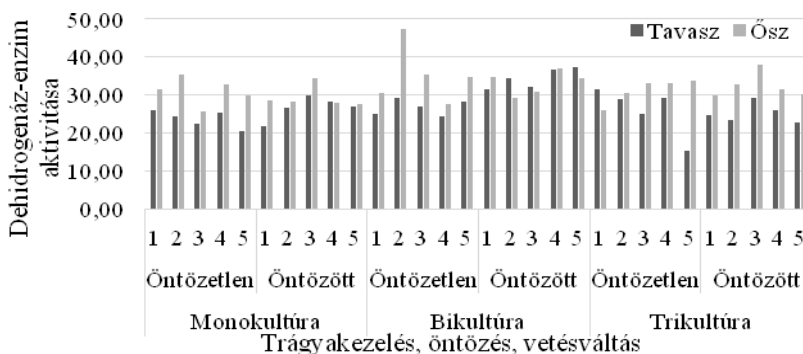
Az 1. ábra adataiból kitűnik, hogy **monokultúrában**, öntözetlen körülmények között minden esetben, míg az öntözött kezelés hatására a 4. trágyaszint kivételével minden alkalommal, ősszel mértük a magasabb dehidrogenáz enzim aktivitást.

**Bikultúrában** öntözetlen körülmények között szintén mindegyik kezelésnél ősszel tapasztaltunk magasabb értékeket, öntözés hatására a 2., 3., 5. trágyaszinten tavasszal volt magasabb a dehidrogenáz aktivitás.

**Trikultúrában** az 1. kezelés kivételével minden esetben ősszel mértük a magasabb enzimaktivitást öntözetlen körülmények között, az öntözött területeken minden esetben tavasszal alacsonyabb enzimaktivitást tapasztaltunk.

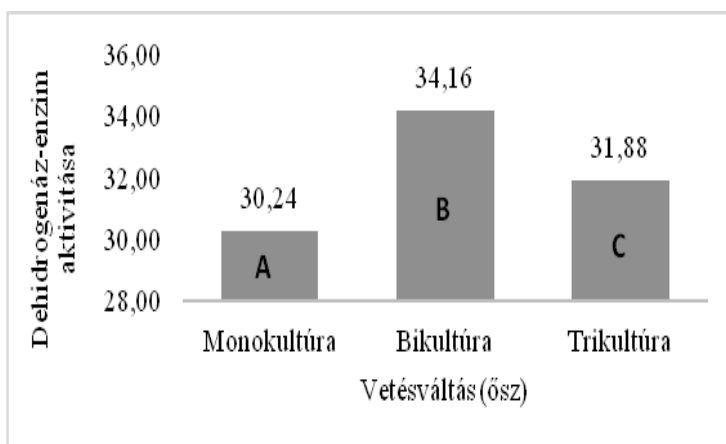
A varianciaanalízis során megállapítottuk, hogy tavasszal és ősszel is a három vizsgált agrotechnikai tényező (trágyakezelés, vetésváltás, öntözés) közül a vetésváltásnak volt statisztikailag igazolható hatása a dehidrogenáz enzim aktivitására a 2014-es évben, amely eredmény összhangban áll az irodalmi adatokkal (WOLIŃSKA & STĘPNIEWSKA, 2012).

Tavasszal bikultúrában szignifikánsan magasabb értékeket tapasztaltunk, mint mono- és tri-kultúrában (2. ábra), ez arra utal, hogy a búza elővetemény bikultúrában kedvezően befolyásolta a talaj dehidrogenáz enzim aktivitását, a monokultúra és tri-kultúra vetésváltással összehasonlítva.

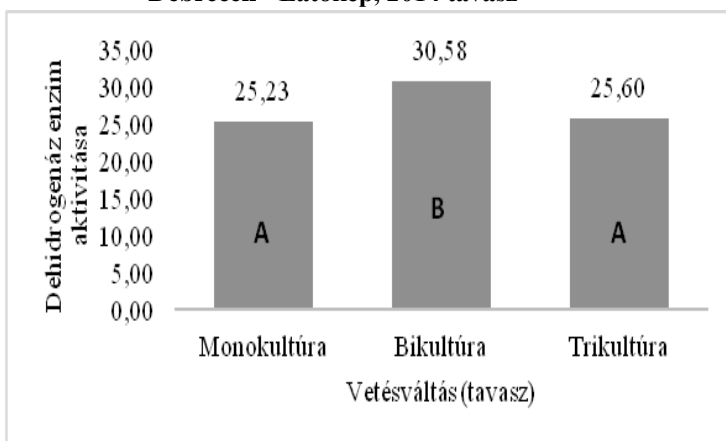


1 ábra: A talaj dehidrogenáz enzim aktivitásának (µg INTF/g/h) évszakos változása a trágyakezelések, az öntözés és a vetésváltás hatására, Debrecen - Látókép, 2014.

Ősszel szintén bikultúrában mértük a legmagasabb enzimaktivitást, ami szignifikánsan nagyobb volt, mint mono- és trikultúrában. Trikultúrában szignifikánsan magasabb értékeket mértünk, mint monokultúrában (3. ábra). Ezek az eredmények szintén az irodalmi adatokat támasztják alá, mivel monokultúrában tapasztaltuk a legalacsonyabb enzim-aktivitást az őszi minták elemzése során is (WOLIŃSKA & STĘPNIEWSKA 2012).



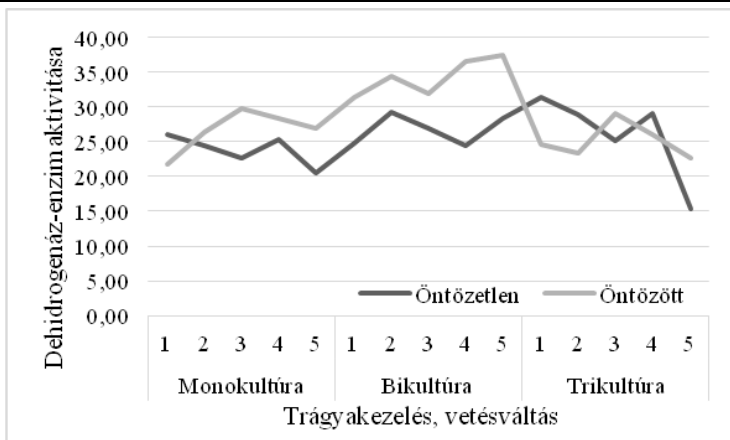
2. ábra: A vetésváltás hatása a talaj dehidrogenáz enzim aktivitására (µg INTF/g/h), Debrecen - Látókép, 2014 tavasz



3. ábra: A vetésváltás hatása a talaj dehidrogenázenzim aktivitására (µg INTF/g/h), Debrecen, Látókép, 2014 ősz

Az eredmények értékelése során Pearson-féle korrelációanalízist is végeztünk, melynek eredményei azt mutatták, hogy szoros összefüggés van az öntözés és a dehidrogenáz enzim aktivitása között a tavaszi adatok esetében. A trikultúra 1. 2. 5. és a monokultúra 1. kezelése kivételével minden esetben öntözött körülmények között mértünk magasabb dehidrogenáz enzim aktivitást (4. ábra). Hasonló eredményekhez jutott WOLIŃSKA & STĘPNIEWSKA (2012) is.

## Agrotechnikai tényezők hatása a dehidrogenáz-enzim aktivitására egy trágyázási tartamkísérletben



4. ábra: Az öntözés hatása a talaj dehidrogenáz-enzim aktivitására, különböző trágyakezeléseken és vetésváltásokon ( $\mu\text{g INTF/g/h}$ ), Debrecen, Látókép, 2014 tavasz

### Következtetések

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy a két évszak összehasonlítása során ősszel tapasztaltunk magasabb dehidrogenáz enzim aktivitást, ami összefüggésben lehet az őszi esőzésekkel és így a talaj megnövekedett nedvességtartalmával. A vetésváltás hatásának vizsgálatakor megállapítottuk a búza elővetemény pozitív hatását a talajok vizsgált enzimaktivitására. Az őszi minták elemzésekor arra a következtetésre jutottunk, hogy a talaj magasabb nedvességtartalma felerősítette a vetésváltás pozitív hatását a dehidrogenáz enzim aktivitásra vonatkozóan. Mindegyik agrotechnikai tényező esetében arra az eredményre jutottunk, hogy a vizsgált enzim az irodalmi adatokkal összhangban az öntözéssel, azaz a talaj nedvességtartalmával van a legszorosabb összefüggésben.

### Irodalomjegyzék

- ANTAL M., & ANTON A. (1986): Comparative studies on saccharase activity of different Hungarian soils. Zbl. Mikrobiol. (141) 495–501.
- KÁTAI J. (1999): Talajmikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 48 (3-4), p. 348-360.
- KHALIF, A., ABDORHIM H., BAYOUMI H.E.A.F., FÜZY A., & KECSKÉS M. (2004): Enzimaktivitások és a fluoreszkáló pszeudomonasz csíraszámok változása a fehér lóhere (*Trifolium repens L.*) rhizoszférajában sókezelés (NaCl) hatására. Agrokémia és Talajtan, 53 (3-4), p. 367-376.
- KOTROCZÓ ZS, VERES ZS, BIRÓ B, TÓTH J A, & FEKETE I (2014): Influence of temperature and organic matter content on soil respiration in a deciduous oak forest. Eurasian J. Soil Science, 3, p. 303-310.

MERSI, V. (1996): Enzymes involved in intracellular metabolism. *Methods in Soil Biology*. 235-245.

NÉMETH T. (2005): Földhasználat a korszakváltó hazai mezőgazdaságban. In: *Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai*. Debrecen. p. 29-36.

ROMERO, E., FERNANDEZ-BAYO, J. DIAZ J., & NOGALES R. (2010): Enzyme activities and diuron persistence in soil amended with vermicompost derived from spent grape marc and treated with urea. *Applied Soil Ecology*, 44. 198-204.

SZILI-KOVÁCS T., KÁTAI J., & TAKÁCS T. (2011): Mikrobiológiai indikátorok alkalmazása a talajminőség értékelésében. 1. Módszerek. *Agrokémia és Talajtan*, 60, p. 273-286.

TABATABAI, M. A. (1982): Sulfur. In: PAGE A.L., FRENEY J.R., MILLER R.H. (eds.): *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. ASA-CSSA-SSSA, Madison. p. 501–538.

TREVORS, J.T. (1984): Dehydrogenase activity in soil: a comparison between the INT and TTC assay. *Soil Biology and Biochemistry*, 16 (6): 673-674.

VERES Z., KOTROCZÓ Z., MAGYAROS K., TÓTH J.A., & TÓTHMÉRÉSZ B. (2013): Dehydrogenase activity in a litter manipulation experiment in temperate forest soil. *Acta Silvatica Lignaria Hungarica*, 9: 25-33.

WOLIŃSKA A., & STĘPNIEWSKA Z. (2012): Dehydrogenase activity in the soil environment, dehydrogenases. R.A. CANUTO (ed). ISBN: 978-953-307-019-3. DOI: 10.5772/48294.

### Talajoltó baktériumtörzsek által termelt enzimek hatása növényi rostanyagok lebomlására

Imri Ádám<sup>1</sup>, Kovács Rita<sup>1</sup>, Imre Csilla<sup>1</sup>, Puspán Ildikó<sup>1</sup>, Máté Rózsa, Kárpáti Éva<sup>2</sup>,  
Kutasi József<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BioFil Mikrobiológiai, Géntechnológiai és Biokémiai Kft.,

1139 Budapest, Váci út 87. E-mail: biokutasi@gmail.com

<sup>2</sup>Saniplant Kft., 1035 Budapest, Raktár utca 19.

#### Összefoglalás

A növényi szármadarványok mikrobiális talajoltás hatására bekövetkező bomlását vizsgáltuk. Búzaszalmát oltottunk BioFil Savanyú<sup>®</sup> talajoltóanyaggal, négy baktériumtörzsével egyedileg (*Pseudomonas frederiksbergensis* S33, *Bacillus aryabhatai* Lu44, *Paenibacillus peoriae* S284, *Bacillus simplex* S28), illetve a *Lysinibacillus xylanilyticus* ES074 törzssel. Mértük a xilanáz és celluláz enzimaktivitást, valamint az oltott növényi rostanyag tömegváltozását. A tömegmérések alapján a legjobb bontást a BioFil Savanyú<sup>®</sup> oltóanyag és a *P. peoriae* S284 törzs adta steril oltott szalmán, talaj nélkül és csíramentesített talajba keverve is. A törzsek steril szubmerz tenyészetek enzimaktivitását vizsgálva valamennyi törzs rendelkezett xilanáz és celluláz termelési képességgel, a *P. peoriae* S284 kapacitása kimagasló volt. A *L. xylanilyticus* ES074 nagy xilánbontó aktivitásával tűnt ki. A BioFil Savanyú<sup>®</sup> oltóanyag bár az egyedi törzstenyészetekhez képest kisebb enzimaktivitásokat mutatott, szalmabontó képessége mégis kiemelkedő volt.

#### Summary

Microbial degradation of plant residues induced by soil inoculation was examined. Straw stalk was inoculated with BioFil Acidic<sup>®</sup> soil inoculant product, its four individual bacterial strains (*Pseudomonas frederiksbergensis* S 33, *Bacillus aryabhatai* Lu 44, *Paenibacillus peoriae* S 284, *Bacillus simplex* S 28), and a *Lysinibacillus xylanilyticus* ES 074 strain, respectively. Xylanase and cellulase activities and the reduction in straw stalk weight were measured. Straw stalk degradation rate showed outstanding results in the *P. peoriae* S 284 strain and the BioFil Acidic<sup>®</sup> soil inoculant treatments either without soil or mixed into sterile soil. All bacterial strains and BioFil Acidic<sup>®</sup> exerted cellulase and xylanase enzyme activities as it was monitored in submerged conditions. *P. peoriae* S284 was shown to have the highest capacities. *L. xylanilyticus* ES 074 showed xylanase activity comparable to that of *P. peoriae*. Though showing lower enzyme activities both in solid state and submerged conditions, the BioFil Acidic<sup>®</sup> soil inoculant showed surprisingly high straw stalk degrading capacity.

## Bevezetés

A Föld népességének és a talaj eróziójának növekedésével egyre fontosabbá válik a talajba visszajuttatott növényi maradványok mielőbbi elbomlása a tápanyag-visszapótlás és a talajszerkezetre gyakorolt hatás szempontjából. A megtermelt takarmány- és élelmisznőnövények, melyek fő építőelemei a lignin mellett a cellulóz és a hemicellulóz maradványainak felaprózását a talajlakó állatok, a felaprózódott szerves anyag bontását gombák és baktériumok végzik. A talajba való visszajuttatás után bekövetkező mineralizáció során felszabaduló tápelemek az elbomlást követően válnak elérhetővé a növények számára, fontos szerepet játszva a talajok tápanyag ciklusában, emellett az erózió mértékét is csökkentik.

A növényi biomassza rosttartalmának fő alkotóeleme a cellulóz, amely be van ágyazva egy hemicellulóz-pektin mátrixba, gazdag szénhidrátforrást biztosítva a megfelelő enzimeket kibocsájtó mikrobák számára. A cellulóz hozzáférhetőségének növeléséhez a hemicellulózt el kell távolítani. A búzaszalma 34-40 % cellulózt, 30-35 % hemicellulózt és 14-15 % lignint tartalmaz, melyek komplex szerkezetet alkotnak (LAWTHER, 1996). A kukoricának kóroszerű, hengeres szára van, amely eltérően a többi gabonaféle szárától tömött. Összetételét tekintve legnagyobb része lignocellulóz. A lignocellulóz tömör, összetett szerkezetét három fő alkotórész alakítja ki: 30-40% cellulóz, 25-35% hemicellulóz és 15-20% lignin, melyek mellett kisebb mennyiségben előfordulhatnak még egyéb poliszaharidok, fehérjék és hamu is. A lignocellulóz fizikai, kémiai és biológiai hatásokkal szemben is igen ellenálló, rostos felépítésű, bonyolult rendszer. A cellulóz után a hemicellulóz a második legnagyobb mennyiségben jelenlévő biopolimer, mely részt vesz a növényi sejtfal felépítésében. Ezek főként pentozánok, melyek közül a xilánok (D-xilóz egységek) a leggyakoribbak, de kisebb mennyiségben D-arabinózt, D-galaktózt és D-glükuronsavat is tartalmazhat (SZABÓ, 1992). A xilán egy komplex poliszacharid, melynek gerincéhez xilóz molekulák kapcsolódnak 1,4-glikozidos kötéssel, a fő lánc  $\beta$ -xilopiranoz. A xilanáz enzimek kulcsszerepet játszanak a xilán lebontásában. A xilanázokat használják papírgyártás során fehérítésre, állati takarmányok emészthetőségének könnyítésére és gyümölcslevek tisztítására. Az endo-1,4- $\beta$ -xilanáz és  $\beta$ -xilozidáz a fő enzimek, melyek támadják a külső láncokat, majd a megmaradt xilozilt (BAKIR et al., 2001). A baktériumok elsősorban előkészítik a növényi anyagokat a további degradációra, és a helyi mikroflóra aktivizálásában játszanak szerepet (KÖDÖBÖCZ et al., 2003).

Munkánkban búzaszalma bomlását vizsgáltuk baktérium törzstenyészetekkel való oltás hatására. A mintákat a BioFil Savanyú<sup>®</sup> talajoltóanyaggal, annak négy baktériumtörzsével egyedileg, és egy *L. xylanilyticus* törzssel oltottuk, majd mértük a szalma tömegcsökkenését, illetve a törzsek xilanáz és celluláz enzimaktivitását.

## Anyag és módszer

A kísérleteket nem podzolos agyagbemosódásos barna erdőtalajon végeztük (TIM azonosító szám: I 08 02 1, humusztartalom 1,40 %,  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  6,66). A mintavétel 2014 tavaszán történt Pécs környékén (X:45°55'40.9088"; Y:18°14'00.6276"). A terület szántóföldi művelési ágba tartozik, szerves trágyát nem szórtak, gyomirtót nem használtak. A mintát 0-25cm-es mélységből gyűjtöttük.



## Talajoltó baktériumtörzsek által termelt enzimek hatása növényi rostanyagok lebomlására

---

Vizsgáltuk a BioFil Savanyú® oltóanyagot és az oltóanyagban szereplő 7 baktériumtörzs közül a *Pseudomonas frederiksbergensis* S 33, *Bacillus aryabhatai* Lu 44, *Paenibacillus peoriae* S 284, *Bacillus simplex* S 28 törzseket egyedileg. Ezen kívül vizsgálatba vontuk a *Lysinibacillus xylanilyticus* ES 074 törzset, amely a BioFil Kft. saját izolátuma (KUTASI és mtsai, 2014) és feltételezhetően xilanáz enzimaktivitással rendelkezik.

A szilárd felületi tenyésztés (SSF) szubsztrátja néhány cm-es darabokra szecskázott búzaszalma volt, két kísérleti összeállításban:

- szalma sterilizelve és oltva (talaj nélkül);
- szalma sterilizelve, csíramentesített talajba keverve és oltva.

A szecskázott szalmát vízgőz jelenlétében 120°C-on, 1,2 bar nyomáson sterilizáltuk. A csíramentes talajt tindálozással állítottuk elő. A talajba keveréskor 50 g talajhoz 1 g szalmát adtunk.

A mintákat a BioFil Savanyú® oltóanyaggal és a baktériumtörzsekkel oltottuk (20 mikroliter tenyészet/g szalma,  $2-5 \times 10^9$  CFU/ml), és inkubáltuk 2 hónapon át szobahőmérsékleten (havonta 10-10 ml steril csapvizet adagoltunk). Az inkubálás után a szalma maradványokat tömegállandóságig szárítottuk 90°C-on, és meghatároztuk a tömegváltozásokat.

A talaj nélküli oltott szalma minta folyadékfázisát begyűjtöttük és abból celluláz és xilanáz enzimaktivitás mérést végeztünk.

Szubmerz – sülyesztett folyadékfermentációs – körülmények között is vizsgáltuk a BioFil Savanyú® oltóanyag és a baktériumtörzsek enzimaktivitását nagy xilán tartalmú kukoricacsutka örleményen (38,8 % cellulóz, 44,4 % hemicellulóz (xilán), 11,9 % lignin, POINTNER, 2014) módosított APB tápoldatban, illetve nagy cellulóztartalmú CMC tápoldatban.

Módosított APB tápoldat (CORDEIRO et al. 2002): 1% darált kukoricacsutka, 0,2% élesztőkivonat, 0,5% pepton, 0,05% MgSO<sub>4</sub>, 0,05% NaCl, 0,015% CaCl<sub>2</sub>. CMC tápoldat: 1% CMC-karboximetil-cellulóz, 0,5% élesztő kivonat, 0,02% MgSO<sub>4</sub>, 0,05% NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.

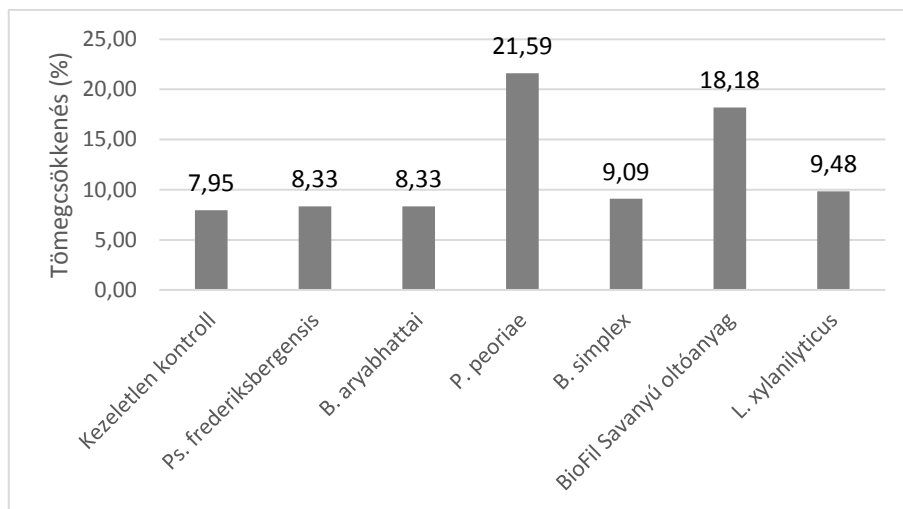
A tenyészeteket 1 % koncentrációban oltottuk a tápoldatokba, majd 28°C-on, körkörös kitérésű rázógépen (300 rpm.) öt napig tenyésztettük. A törzsek szaporodási rátája eltérő (nem közölt adatok), ezért az első (log fázisú) és ötödik napi (stacioner fázisú) tenyészetekből vett mintákból mértünk celluláz és xilanáz aktivitásokat.

A celluláz aktivitást GHOSE (1987) szerint CMC szubsztráton, a xilanáz aktivitást BAILEY et al. (1992) alapján vizsgáltuk bükkfa xilán szubsztráton, a felszabaduló redukáló cukor tartalom meghatározásával (MILLER 1959), standardként glükózt és D-xilózt használtunk.

Az adatok kiértékelését egytényezős varianciaanalízissel és post hoc teszttel végeztük, melyhez R (ver. 3.2.1.) statisztikai programot használtunk (R Core Team 2015).

### Eredmények és értékelésük

A szilárd felületi tenyésztés (SSF) során a talaj nélküli steril szalmaszár esetében a *P. peoriae* törzssel (21,59%) és a BioFil Savanyú® oltóanyaggal (18,18%) beoltott minták adtak statisztikailag igazolt ( $p < 0,01$ ) tömegcsökkenést a kezeletlen kontrollhoz viszonyítva (1. ábra).



1. ábra. A steril szalma (talaj nélkül) tömegcsökkenése 2 hónappal a beoltás után, szilárd felületi fermentáció

A csíramentes talajba forgatott steril szalma kísérletben a tömegcsökkenés szempontjából a leghatékonyabbnak a BIOFIL Savanyú® oltóanyag (38,07%) és a *P. peoriae* (36,36%) törzs bizonyult (2. táblázat). Látható, hogy a csíramentes kontroll talajba forgatott búzaszalma már a talajenzimek hatására is bomlásnak indult (kontroll minta), amit csak a hatékony talajoltó tenyészetek tudtak intenzívebbé tenni, és a búzaszalma bomlását felgyorsítani.

2. táblázat. Csíramentes talajba kevert steril szalma tömegcsökkenése, szilárd felületi fermentáció

Kezelés	Tömegcsökkenés* (%)
Kezeletlen kontroll	23,86
<i>P. frederiksbergensis</i>	25,00
<i>B. aryabhatai</i>	25,00
<i>P. peoriae</i>	36,36
<i>B. simplex</i>	27,84
BioFil Savanyú® oltóanyag	38,07
<i>L. xylanilyticus</i>	23,86

## Talajoltó baktériumtörzsek által termelt enzimek hatása növényi rostanyagok lebomlására

\*A standard eltérés egy esetben sem volt nagyobb, mint az adott érték 0,06 %-a.

Celluláz és xilanáz enzimaktivitásokat is mértünk a talajjal nem kevert steril szalmaminták folyadék fázisaiból. A *P. peoriae* törzs rendelkezett szignifikánsan ( $p < 0,01$ ) nagyobb celluláz (0,551 IU/ml) és xilanáz (7,045 IU/ml) enzimaktivitással a kontrollhoz viszonyítva.

Submerz körülmények között a BioFil Savanyú® oltóanyag és a baktérium törzsek xilanáz aktivitását nagy xilán tartalmú kukoricacsutka örleményen (3. táblázat), celluláz aktivitását karboximetil-cellulózon (4. táblázat) vizsgáltuk.

**3. táblázat. Szubmerz tenyészetek xilanáz aktivitása kukoricacsutka szubsztráton, a tenyésztés 1. és 5. napján**

Baktériumtörzsek	Xilanáz aktivitás (IU/ml)*	
	1. nap	5. nap
<i>P. frederiksbergensis</i>	9,737	1,869
<i>B. aryabhatai</i>	3,009	3,123
<i>P. peoriae</i>	10,611	5,765
<i>B. simplex</i>	4,360	2,905
BioFil Savanyú® oltóanyag	3,144	0,300
<i>L. xylanilyticus</i>	11,062	7,334

\*A standard eltérés egy esetben sem volt nagyobb, mint 0,56 IU/ml.

24 órás tenyésztés után a legnagyobb xilanáz aktivitással a *L. xylanilyticus* (11,062 IU/ml), a *P. peoriae* (10,611 IU/ml), a *P. frederiksbergensis* (9,737 IU/ml) törzsek, míg az 5. napon a *L. xylanilyticus* (7,334 IU/ml) és a *P. peoriae* (5,765 IU/ml) rendelkezett (3. táblázat), de nem érte el az első napi szintet.

A törzsek celluláz aktivitása 0,024-0,115 IU/ml volt 24 óra elteltével. Az ötödik napon a *P. peoriae* rendelkezett kimagasló aktivitással (1,186 IU/ml), a többi kezelés kisebb mértékű változást mutatott (4. táblázat).

**4. táblázat. Szubmerz tenyészetek celluláz aktivitása karboximetil-cellulóz szubsztráton, a tenyésztés 1. és 5. napján**

Baktérium törzsek	Celluláz aktivitás (IU/ml)*	
	1. nap	5.nap
<i>P. frederiksbergensis</i>	0,111	0,083
<i>B. aryabhatai</i>	0,024	0,093
<i>P. peoriae</i>	0,100	1,186
<i>B. simplex</i>	0,053	0,061
BIOFIL Savanyú oltóanyag	0,096	0,118
<i>L. xylanilyticus</i>	0,115	0,099

\*A standard eltérés egy esetben sem volt nagyobb, mint 0,04 IU/ml.

## Következtetés

A szilárd felületi tenyésztés során statisztikailag igazolt tömegcsökkenést a kontroll kezeléshez viszonyítva a *P. peoriae* S 284 és a BioFil Savanyú® oltóanyag mutatott. Igazoltuk, hogy valamennyi vizsgált törzs és a BioFil Savanyú® oltóanyag is rendelkezik xilanáz és celluláz termelési képességgel, a szubmerz tenyészetek enzimaktivitás mérése alapján.

Kimagasló a *P. peoriae* S 284 törzs enzimtermelési kapacitása. EMTIAZI et al., (2007) *Paenibacillus* SH törzs esetében folyadék CMC táptalajon 72 órás tenyésztés és 24 órás mintavételezés során 3,0-3,5 IU/ml celluláz aktivitást kaptak, amelyet megközelít a *P. peoriae* S 284 törzsünk (1,118 IU/ml). Emellett a BioFil Savanyú® oltóanyag és a *L. xylanilyticus* ES 074 mutatott további vizsgálatokra érdemes eredményeket.

APUN et al., (2000) egy *Bacillus amyloliquefaciens* törzs celluláz enzimaktivitását mérték három napon át CMC szubsztráton, és 0,13-0,52 IU/ml közötti celluláz enzim aktivitásokat kaptak (IU/ml: 6h=0,13; 12h=0,52; 18h=0,45; 24h=0,63; 48h=0,27; 72h=0,17), hasonlóan az általunk mértekhez. További adatok szerint egy *Bacillus licheniformis* baktériumtörzs 0,119 IU/ml aktivitást adott (ACHARYA & CHAUDHARY, 2012), ami az általunk vizsgált talajoltó törzsek aktivitás értékeinek (0,039-0,198 IU/ml) megfelelő adat.

A *P. peoriae* S 284 törzs és a BioFil Savanyú® oltóanyag (egyik törzskomponense a *P. peoriae* S 284) nemcsak szubmerz körülmények között, hanem a szalmaszár szilárd felületén elszaporodva is nagy celluláz és xilanáz enzimprodukcóra képes, amely a szalmaszár nagyarányú, a gyakorlati felhasználás szempontjából is jelentős tömegcsökkenését eredményezheti.

## Köszönetnyilvánítás

A projektet a „Talajszerkezetet, vízháztartást és talajtermékenységet javító talajoltó készítmény fejlesztése” címmel a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal Vállalati KFI\_16-1-2016-0214 számú pályázata támogatta.

## Irodalomjegyzék

- ACHARYA, S. & CHAUDHARY, A. (2012): Optimization of Fermentation Conditions for Cellulases Production by *Bacillus licheniformis* MVS1 and *Bacillus* sp. MVS3 Isolated from Indian Hot Spring. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(4): 497-503.
- APUN, K., JONG, B.C. & SALLEH, M.A. (2000): Screening and Isolation of a Cellulolytic and Amyolytic Bacillus from Sago Pith Waste. *Journal of General and Applied Microbiology*, 46: 263-267.
- BAILEY, M.J., BIELY, P. & POUTANEN, K. (1992): Interlaboratory Testing of Methods for Assay of Xylanase activity. *Journal of Biotechnology*, 23: 257-270.
- BAKIR, U., YAVASCAOGLU, S., GUVENC F. & ERSAYIN, A. (2001): An endo-1, 4-xylanase from *Rhizopus oryzae*: Production, partial purification and biochemical characterization. *Enzyme and Microbial Technology*, 29: 328-334.

## Talajoltó baktériumtörzsek által termelt enzimek hatása növényi rostanyagok lebomlására

---

CORDEIRO, C.A.M., MARTIN M.L.L., LUCIANO A.B. & DA SILVA R.F.(2002): Production and properties of xylanase from thermophilic *Bacillus* sp.. Brazilian Archives of Biology and Technology, 45:413-418.

EMTIAZI, G., POOYAN, M. & SHAMALNASAB, M. (2007): Cellulase Activities in Nitrogen Fixing *Paenibacillus* Isolated from Soil in N-free Media. World Journal of Agricultural Sciences, 3(5): 602-608.

GHOSE, T.K. (1987): Measurement of Cellulase Activities. Pure and Applied Chemistry, 59(2):257-268.

KÖDÖBÖCZ L., BIRÓ B., DUSHA I., SÁRY L., IZSÁKI Z & KECSKÉS M. (2003): Rhizobiumok túlélőképessége különböző vivőanyagokban. Agrokémia Talajtan. 52: 395-408.

KUTASI, J., KOVÁCS, R., IMRE, Cs., PÉK, N., SZKLDÁNYI, S., ERDÉLYI, B. & KÁRPÁTI, É. (2014): Stressz-talajok oltására szolgáló talajbaktériumok. HUP1400062, WO2015118516 A1

LAWTHER, J.M., SUN, R. & BANKS, W.B. (1996): Fractional characterization of alkali-labile lignin and alkali insoluble lignin from wheat straw. Industrial Crops and Products, 5: 291-300.

MILLER, G.L. (1959): Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. Analytical Chemistry, 31(3): 426-428.

POINTNER, M., KUTTNER, P., OBRLIK, T., JAGER, A. & KAHR, H. (2014): Composition of corncobs as a substrate for fermentation of biofuels. Agronomy Research, 12(2): 391-396.

R. CORE TEAM (2015): R: A Language and Environment for Statistical Computing (ver. 3.2.1). R Foundation for Statistical Computing, <http://www.R-project.org/>, Vienna, Austria

SZABÓ I. M. (1992): Az általános talajtan biológiai alapjai. Magyar Mezőgazdasági Kiadó Kft., p. 373.



### A talajéletet fokozó néhány mikrobiológiai készítmény hatásának vizsgálata alma, cseresznye és meggy oltványokon

Jakab Anita - Nagy Fruzsina - Takács Ferenc

Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) Gyümölcsstermesztési Kutatóintézet (GYKI) Újfehértói Kutató Állomása, 4244 Újfehértó, Vadastag 2. E-mail: [drjakabanita86@gmail.com](mailto:drjakabanita86@gmail.com)

#### Összefoglalás

A NAIK GYKI Újfehértói Kutató Állomásán beállított kísérletben célkitűzésünk volt négy kereskedelmi mikrobiológiai készítmény (Bactofil B10, Symbivit, Terrum és Gyökérintató) hatásának vizsgálata. A kísérletben tanulmányoztuk a készítmények hatásait az alma (*Malus domestica* Borkh. Golden Reinders/M9), cseresznye (*Prunus avium* L. Regina/GiSelA5 és GiSelA6) és meggy (*Prunus cerasus* L. Petri/GiSelA6) oltványok vegetatív fejlődésére két vegetációs időszakban. A tesztelt gyümölcsfajok meghatározó jelentőségűek különösen az ÉK-magyarországi gyümölcsstermesztő körzetben. Mindkét kísérleti évben, minden vizsgált fajtánál hasonló tendenciájú hajtásnövekedést tapasztaltunk. Üvegházban az alma (M9) és cseresznye (GiSelA5), míg szabadföldön a cseresznye és meggy (GiSelA6) hajtásnövekedése bizonyult erőteljesebbnek. A törzsátmérő a kezelések hatására hasonló tendenciát mutatott a cseresznye fajtáknál 2015-ben. A levélminták foszfor tartalma a Gyökérintató és Terrum kezelések hatására nőtt. A talaj oldható foszfor tartalma kiemelkedően nagy volt a Terrum, és nagy a Gyökérintató kezeléseknél. A megnőtt foszfor tartalom további vizsgálatok elvégzését igényli. A Gyökérintató kezelés savanyú kémhatást mérséklő hatása igazolódott, így javasolható hasonló tulajdonságú homoktalajokra is a felvehető tápelem-tartalom növelésének elősegítésére. Az eredmények alátámasztják a kezeléskombinációk további üvegházi és szabadföldi vizsgálatának szükségességét. A Terrum és Gyökérintató készítmények gyakorlatban történő alkalmazását javasoljuk, hasonló paraméterekkel rendelkező talajokon és alanyhasználat mellett.

#### Summary

The effects of four different soilfertilizer microbiological inoculants (Bactofil B10, Symbivit, Terrum and Agrooter) were studied at NARIC FRI Fruit Culture Research and Development Institute of Újfehértó. The effects of inoculants were studied on the vegetative growth of apple (*Malus domestica* Borkh. Golden Reinders/M.9), cherry (*Prunus avium* L. Regina/GiSelA5 and GiSelA6) and sour cherry (*Prunus cerasus* L. Petri/GiSelA6) test plants for two consecutive years. Those plants have outstanding importance, more particularly at the fruit-growing area of NE-Hungary.

The shoot elongation of apple, cherry and sour cherry were increased similarly in every treatment at both years. In the greenhouse experiment the shoot elongation of apple and cherry, while in orchards the shoot elongation of cherries increased intensively. In 2015 the treatments have influenced positively on the diameter of tree trunk at every cherry plants (GiSelA5 and GiSelA6). The Terrum and Agrooter treatments enhanced the

phosphorus content of leaves. The soluble phosphorus content of soil was extremely high at Terrum and high at Agrooter treatments. Further investigations needed to understand the effects of these treatments. The Agrooter effect was a slight moderation of soil acidity. This product can be suggested, therefore to apply on similar soil circumstances in sandy soils for increasing the soluble nutrient contents. Further investigation is suggested in greenhouse and in orchards. Terrum and Agrooter treatments are recommended on acidic type of sandy soils.

### Bevezetés

A gyors fajtaváltás és a termesztés intenzitásának növekedése komoly kihívás a gyümölcsstermesztőknek egész Európában. Hazánkban az új, intenzív ültetvények számának növekedésével egyre fontosabbá válik a talajélet, mint az ültetvények teljesítményét meghatározó jelentős tényező vizsgálata. A termőhely helyes megválasztása az ültetvények telepítése során az egyik legfontosabb feladatunk, melynek során nélkülözhetetlen a terület domborzati, vízrajzi, meteorológiai és nem utolsósorban a talajtani ismerete (kötelező talajvédelmi terv) (KÁLLAYNÉ, 2014; KULMATISKI et al., 2008). A telepítésre szánt területek talajtani szempontból vizsgált paramétereiben nem lehetnek az adott gyümölcsfaj szempontjából kizáró tényezők, melynek fontosságát emeli ki KÁLLAYNÉ (2014), SZÜCS (2009) és SZALAY (2010) is. Mindemellert nem hanyagolható el a megfelelő termőhely mellett az alany- és fajtahasználat sem (CSIHON, 2015). Az utóbbi évtizedben nagy számban elterjedt baktériumtrágyák és mikrobiológiai oltóanyagok gyümölcsültetvényekben történő használata csak az előzőekben figyelembe vett feltételek teljesülése mellett optimális. A készítmények felhasználásának fontos szabályai vannak, melyet a biotrágya alkalmazási 10-parancsolat is összefoglal (INTERNET 1, BIRÓ, 2015). A készítmények okszerű használatával, a kedvezőtlen tulajdonságokkal rendelkező talajokon is növelhető a terméshozadék, a terméshozadék és mennyiség egyaránt (JAKAB et al., 2013). A mikrobiális talajoltások kedvező tulajdonságait emeli ki KINCSESNÉ-KREMPER (2010) és BIRÓ (2016). ALDEA (1998) és ZYDLIK-ZIDLK (2013) a gyümölcsültetvények telepítésekor alkalmazott mikrobiológiai talajoltásoknak az újratelepítéseknél előforduló tünetek (fapusztulások, termés kiesés) nagyfokú mérséklő hatásait hangsúlyozzák.

### Anyag és módszer

A kísérletet 2015. április 9-én a NAIK GYKI Újfehértói Kutató Állomásán állítottuk be Újfehértó környékéről származó savanyú humuszos homoktalajon. A kísérlet első évében konténeres földkeverékbe ültettük az alma (*Malus domestica* Borkh. Golden Reinders/M9), cseresznye (*Prunus avium* L. Regina/GiSelA5 és GiSelA6) és meggy (*Prunus cerasus* L. Petri/GiSelA6) kézbeoltott félkész oltványokat. A földkeverék legfontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,83,  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  5,51,  $\text{K}_A$  31, vízben oldható összes só 0,07 [ $\text{m m}^{-1}$ ], szerves anyag 1,88 [ $\text{m m}^{-1}$ ],  $\gamma_1$  14,2,  $\text{P}_2\text{O}_5$  83,3 [ $\text{mg kg}^{-1}$ ],  $\text{K}_2\text{O}$  236 [ $\text{mg kg}^{-1}$ ]. A kísérlet első évében az oltványokat üvegházban (izoláltan) földlabdás konténerben, szabályozott vízellátás mellett neveltük. A kísérletben alkalmazott kezeléseket az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az alkalmazott készítmények közül a Bactofil B10-et (INTERNET2) oldatban a kísérlet beállításakor locsolva, míg a Symbivit (INTERNET3), Terrum (INTERNET4) és Gyökértitató (INTERNET5) készítményeket szilárd formában, ültetéssel egy időben, az ültető közegbe bedolgozva



## A talajéletet fokozó néhány mikrobiológiai készítmény hatásának vizsgálata alma, cseresznye és meggy oltványokon

juttattuk ki. A kísérlet második évében, az üvegházban nevelt oltványokat véglegesen helyre ültettük és az adott oltványoknál ugyanazokat a kezeléseket alkalmaztuk, mint az első évben. Így minden egyes oltvány kétszer kapta meg az adott kezelést a meghatározott dózisok figyelembevételével. Az oltványokat 2016 márciusában ültettük ki, többismétléses véletlen blokk elrendezésben, öntözött körülmények között. Az alkalmazott térállások 4x1 m (alma/M9, cseresznye/G6, meggy/G6) és 4x0,75 m (cseresznye/G5). A kísérlet első és második évében mértük a növények vegetatív fejlődését, így a hajtásnövekedés intenzitását, 2015 októberében a törzsátmérőt. Kezelésként és fajtanként levélanalízis, valamint a konténerek talajkeverékéből bővített talajvizsgálat készült (MKSZ N Kft. Újfehértói akkreditált laboratóriuma). Az ismertetett eredmények vizsgálata az alábbi szabványok szerint történtek: pH<sub>KCl</sub> (MSZ-08-0206-2:1978/2.1.); Arany-féle kötöttségi szám (MSZ-08-0205:1978/5.); vízben oldható összes só (MSZ-08-0206-2:1978/2.4.); CaCO<sub>3</sub> (MSZ-08-0206-2:1978/2.2.); szervesanyag-tartalom (MSZ-08-0210:1977); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (MSZ 20135:1999/4.2.2., 5.1.); K<sub>2</sub>O (MSZ 20135:1999/4.2.1., 5.1.); pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> (MSZ-08-0206-2:1978/2.1.); Hidrolitos aciditás (MSZ-08-0206-2:1978 2.5. szakasz kézi módszerrel), valamint a növényi foszfor-tartalom (MSZ-08-1783-4:1983). Az eredmények statisztikai értékelését AYDINAPL et al. (2010) statisztikai adatelemzésének többtényezős varianciaanalízisével végeztük.

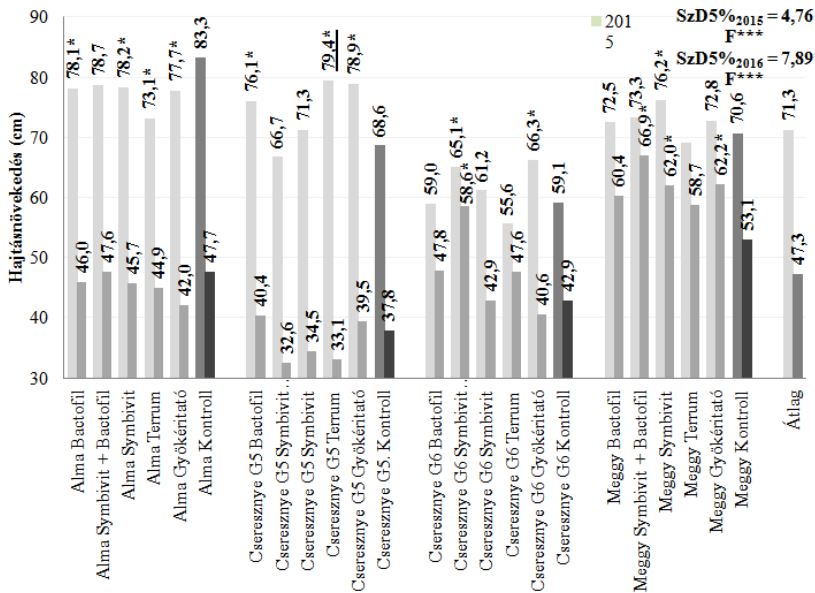
1. táblázat A kísérlet kezelései (2015, 2016)

Kezelések	Kijuttatott dózis, 2015	Kijuttatott dózis, 2016
Bactofil B10	0,5 l kezelés <sup>-1</sup> (200x hígítás)	1 l kezelés <sup>-1</sup> (150x hígítás)
Symbivit+Bactofil B10	0,5 l kezelés <sup>-1</sup> (200x hígítás) + 30 g növény <sup>-1</sup>	1 l kezelés <sup>-1</sup> (150x hígítás) + 68 g ültető gödör <sup>-1</sup>
Symbivit	30 g növény <sup>-1</sup>	68 g ültető gödör <sup>-1</sup>
Terrum	30 dkg növény <sup>-1</sup>	342 dkg ültető gödör <sup>-1</sup>
Gyökérintató	40 dkg növény <sup>-1</sup>	1 l ültető gödör <sup>-1</sup>
Kontroll	-	-

### Eredmények és értékelésük

Eredményeink közül a fák hajtásnövekedését, a hajtásnövekedés dinamikáját, a törzsátmérő változását, a növény foszfor-tartalmát, valamint a talaj KCl-os kémhatását és oldható foszfor-tartalmát értékeltük. Az ábrákon bemutatott eredmények átlagértékek, melyek statisztikai elemzését követően csillaggal jelöltük a szignifikáns változásokat. Az ábrákon F-betűvel jelölt értékek +-10%, \*-5%, \*\*-1% \*\*\*-0,1%-os szignifikancia szinteket jelentenek. Emellett minden esetben ismertetésre kerülnek az abszolút kontroll értékek is, melyek az utolsó oszlop átlagértékei. Az értékelések során viszonyítási alapként gyümölcsfajonként a kontroll kezeléseket vettük.

Az oltványok hajtásnövekedésének intenzitása 2015-ben (1. ábra, első/világosszürke oszlopok) az alma (M9) oltványoknál szinte minden kezelésben nagyobbak bizonyultak, mint a meggy és a cseresznye oltványok esetében. Azonban az *alma* kontrollhoz viszonyított kezeléseknél statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb átlagértékeket mértünk. A *cseresznye* oltványokat két különböző növekedési erélyű alanyon vizsgáltuk. Szakirodalmi adatok alapján a G5 alanyon álló fák növekedési erélye 45%, míg a G6 alanyon álló fák növekedési erélye 60% a sajmeggy alanyra oltott fák növekedéséhez képest (HROTKÓ, 1999). Kísérletünkben a Regina cseresznyefajta G5 alanyon mért vegetatív növekedése a Bactofil B10, a Terrum és a Gyökéritató kezelések, míg a G6 alanyon kapott értékek közül a Bactofil B10+Symbivit kezeléskombináció és Gyökéritató kezelések hatása volt bizonyított. Rendkívül érdekes a két cseresznye alany növekedési dinamikájának összehasonlítása a vizsgált két évben. Az első évben a gyengébb növekedési erélyű G5 alany vegetatív növekedése sokkal intenzívebb volt, mint a G6 alanyra oltott cseresznye fajta növekedése, valamint abszolút értelemben is meghaladta a Regina/G6 kombináció vegetatív teljesítményét. A Regina/G5 kombináció növekedése a második évben lelassult, és az alanyra jellemző gyenge növekedési erélyt igazolta. A *meggy* (Petri/G6) oltványok hajtásnövekedése kiegyensúlyozott képet mutatott mindkét évben. Mindkét évben szinte minden kezelés kombinációban nagyobb vegetatív teljesítményt mértünk, mint a kontroll fáknál, kivéve a Terrum esetében 2015-ben. 2016-ban (1. ábra, második/sötétszürke oszlopok) a fák hajtásnövekedése a kontrollhoz viszonyítva egyik esetben sem tért el statisztikailag igazolható mértékben az alma (M9) és cseresznye (G5) oltványoknál. Ezzel ellentétben a cseresznye GiSelA6 oltványoknál szignifikáns növekedést tapasztaltunk a Bactofil B10+Symbivit kezeléskombinációnál. A meggy (G6) esetében statisztikailag is igazolható intenzív növekedést mértünk a Bactofil B10+Symbivit, Terrum és Gyökéritató kezelések mellett.

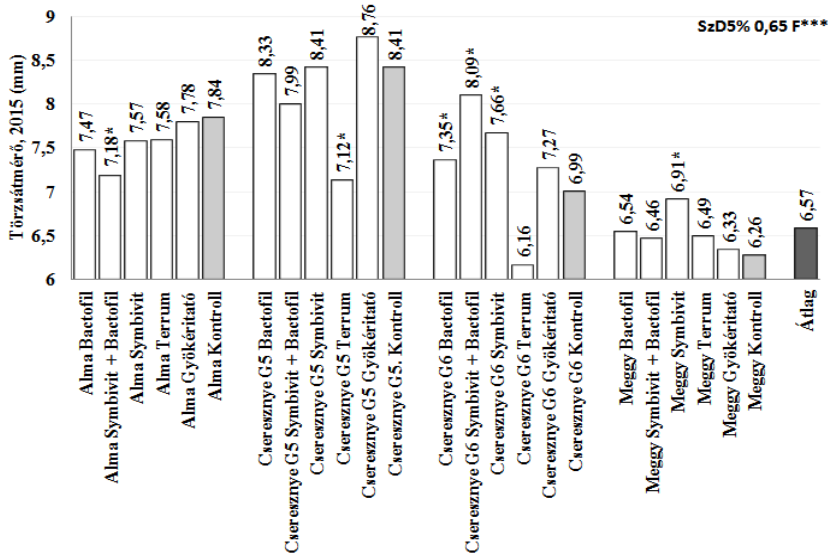


1. ábra Az oltványok átlagos hajtásnövekedése (cm, 2015, 2016)

Az egyes években a vegetatív növekedés befejezése után rögzítettük az oltványok **törzsátmérő** változását. 2015-ben (2. ábra) a cseresznye (Regina/G5) kezeléseiben

## A talajéletet fokozó néhány mikrobiológiai készítmény hatásának vizsgálata alma, cseresznye és meggy oltványokon

mértük a legnagyobb törzssátmérőt. Ez a megállapítás összhangban van a hajtáshossz mérés 2015. évi eredményeivel, tehát a legnagyobb és legintenzívebb hajtásnövekedés az oltványok törzsvastagodásában is arányosan megnyilvánul. Azonban statisztikailag is igazolható különbségeket az egyes kezelések között a cseresznye (G6) oltványoknál a Bactofil B10, a Symbivit, valamint a Bactofil B10+Symbivit kombináció alkalmazása esetén mértünk. A meggy (Petri/G6) esetében a Symbivit kezelésnél tapasztaltunk statisztikailag igazolható kezeléshatást. Szignifikánsan kisebb törzssátmérőt figyeltünk meg az alma (M9) oltványoknál a Bactofil B10+Symbivit, míg a cseresznye (G5) oltványoknál a Terrum kezelések alkalmazása mellett.

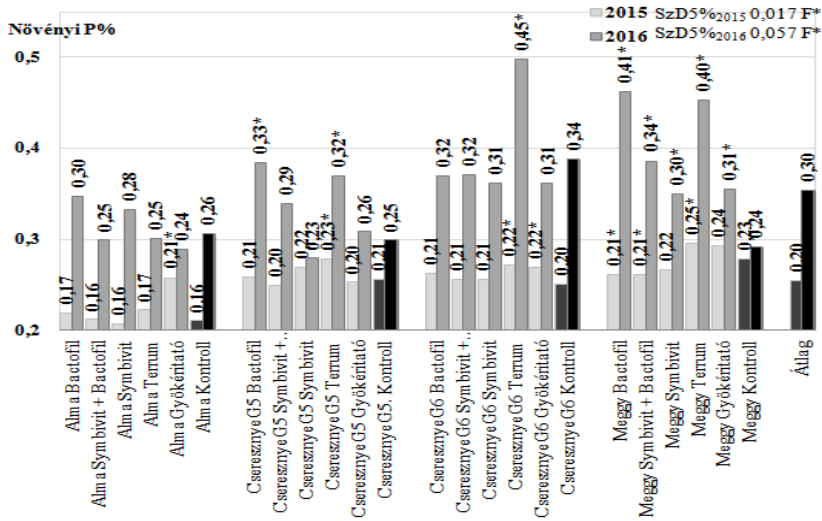


2. ábra Az oltványok átlagos törzssátmérő növekedése (mm, 2015)

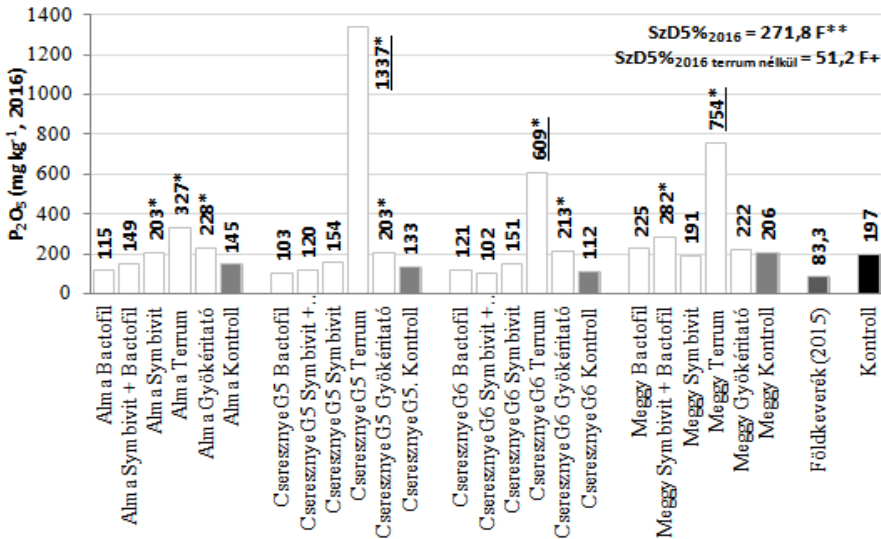
A **növényi levélminták foszfor tartalmának** szignifikáns növekedését mutattuk ki (3. ábra) 2015-ben a Terrum (Regina/G5 és Regina/G6, Petri/G6) és a Gyökérintató (alma M9 és cseresznye G6) kezelések hatására a kontrollhoz fák eredményeihez viszonyítva. Meggy oltványoknál két kezelés (Bactofil B10 és Bactofil B10+Symbivit) is a tápanyagtartalom csökkenését eredményezte a kontrollhoz képest. Ezzel ellentétben 2016-ban az almánál a kezelések nem okoztak igazolható hatást a kontrollhoz viszonyítva. A G5 alanyú cseresznyefák leveleinek foszfor tartalma a Bactofil B10 és Terrum kezeléseknél, míg G6 alanyú fák esetében kizárólag a Terrum kezelésnél nőtt szignifikánsan. A meggyfák esetében minden kezelésnél statisztikailag bizonyított a megnövekedett foszfortartalom. Szabadföldi körülmények között minden esetben és minden kezelésnél nagyobb foszfortartalmakat mértünk, mint a kezelés első évében üvegházi körülmények között.

A talajok **könnyen felvehető foszfor tartalma** (4. ábra) a kontrollhoz képest minden oltvány esetében kiemelkedően nőtt a Terrum kezelések hatására. Azonban, ha az eredményeket a Terrum kezelés nélkül hasonlítjuk a kontrollhoz, megállapítható, hogy más kezelések, így a Symbivit (Golden Reinders/M9), a Gyökérintató (Golden Reinders/M9, Regina/G5, Regina/G6) és a Bactofil B10+Symbivit kombináció (Petri/G6) statisztikailag igazolható pozitív hatása is jelentkezik.

A talaj KCl-os kémhatása (5. ábra) a kontrollhoz viszonyítva minden Gyökérintő kezelés esetében jelentősen megemelkedett (savanyú tartományból gyengén savanyú-közél semleges tartományba), a legtöbb esetben nőtt a Terrum, valamint emellett a meggy oltványok tekintetében a Bactofil B10+Symbivit kezelés-kombinációnál. Ez a megfigyelés különösen fontos gyakorlati jelentőségű lehet a Nyírségi területek savanyú kémhatású homoktalajain létesített meggy és cseresznyeültetvények esetében új telepítéseknél.

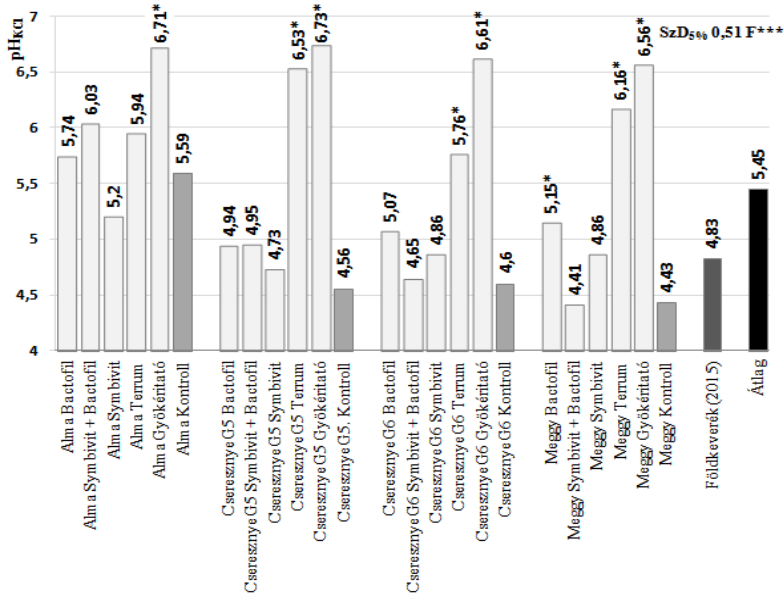


3. ábra A növényi levélminták átlagos foszfor tartalma (% , 2015,2016)



4. ábra A talaj könnyen felvehető foszfor tartalma (mg kg<sup>-1</sup>, 2016)

## A talajéletet fokozó néhány mikrobiológiai készítmény hatásának vizsgálata alma, cseresznye és meggy oltványokon



5. ábra A talaj kémhatása (mg kg<sup>-1</sup>, 2016)

### Következtetések

Eredményeinket összegezve megállapítottuk, hogy a vizsgálat első évében a gyengébb növekedési erélyű GiSelA5 alany vegetatív növekedése bizonyult nagyobbak a GiSelA6 alanyhoz képest, amely a második évben lelassult, és az alanyra jellemző gyenge növekedést igazolta. A törzsátmérő (2015) hasonló tendenciát követett a 2015-ben a hajtásnövekedésnél tapasztaltakhoz, ezen belül a cseresznye/G5 kezelési kiemelkedtek. A törzsátmérő szignifikáns csökkenésével egy időben a hajtásnövekedés pozitív irányú növekedését igazoltuk alma és cseresznye/G5 esetében.

A növényi foszfor tartalomban a második évben nagyobb átlagértékeket mértünk. Mindkét évben jelentős foszfor-tartalom-növekedés volt igazolható a Terrum és Gyökérintató kezelések mellett, ami a készítmények foszfor oldhatóságot növelő mikroszervezeteinek lehet a hatása. A felvehető foszfor mennyisége a talajban leginkább a Terrumnál nőtt.

A Gyökérintató hatására a talaj KCl-os kémhatása minden oltványnál statisztikailag igazoltan nőtt 2016-ban.

A hatás azért is kiemelkedő, mert az alapvetően savanyú kémhatású humuszos homoktalajon e kezelés eredményeként pozitívan változott a pH, gyengén savanyú tartományba került. Esetenként a Terrum kezelések is hasonló tendenciát követtek. E kezelések pozitív hatásának következménye lehet a talajban felvehető és a növényi levélmintákban kimutatható foszfor tartalmak növekedése.

### Irodalomjegyzék

ALDEA, V. (1998): Role of microorganisms in rhizosphere for determining soil sickness in fruit culture. Acta Horticulturae 477: 67-73.

AYDINAPL, C., FÜLEKY GY. & TOLNER L. (2010): The comparison study of some selected heavy metals in the irrigated and non-irrigated agricultural soils. *Bulgarian J. Agricultural Science*. 16: 754-768.

BIRÓ B. (2015): Vegyük, vagy ne vegyük? A baktériumtrágyák felhasználási szempontjai. *Agrárhírnök*, 2 (2): 30-31.

BIRÓ B. (2016): A mikrobiális talajoltás kiemelt szempontjai, határai, hatásai. *Agrárágazat. Talajélet különszám*. 2016 (4): 22-26.

CSIHON Á. (2015): Új almafajták növekedési, terméshozási és gyümölcsminőségi tulajdonságainak vizsgálata. *Doktori értekezés*. Debrecen. 2015: 4-41.

HROTKÓ K. (1999): Gyümölcsfaiskola. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*. p. 447-462.

JAKAB A., BALLA-KOVÁCS A., SÁNDOR ZS. & ZSUPOSNÉ OLÁH Á. (2013): Examination of biofertilizers in pot experiment. *Növénytermelés*, 62: 293-296.

KÁLLAY T.-NÉ (2014): Gyümölcsösök termőhelye. *Mezőgazda, Budapest*. p. 20-109.

KINCSES S.-NÉ, KREMPER R. (2010): Baktériumtrágyák hatása a talaj-növény rendszer N- és P- forgalmára különböző típusú talajon. *Élhető Vidékért Környezetgazdálkodási Konferencia kötete. Koppányvölgyi Vidékfejlesztési Közhasznú Egyesület. Törökoppány*. p. 243-249.

KULMATISKI, A., BEARD, KH., STEVENS, JR. & COBBOLD, SM. (2008) Plant-soil feedbacks: meta-analytical review. *Ecol. Lett.* 11: 980-992.

SZALAY L. (2010): Talajvizsgálat gyümölcsültetvények telepítése előtt. *AgroFórum*. 2010 (8): 87-89.

SZÚCS E. (2009): Talaj- és növényvizsgálatok jelentősége a gyümölcsösök tápanyag-gazdálkodásában. *Kertgazdaság*. 41 (2.): 37-47.

ZYDLIK, Z. & ZYDLIK, P. (2013): The effect of microbiological products on soil properties in the conditions of replant disease. *Zemdirbyste-Agriculture*. 100: 19-24.

INTERNET1:<http://agronaplo.hu/szakfolyoirat/2015/09/szantofold/jo-uton-haladunk-bakteriumtragyazas> (Letöltés ideje: 2015.12.10.)

INTERNET2: <http://agrobio.hu/termekek/bactofil-b10-ketszikuekhez1/>

INTERNET3: <http://agrobio.hu/termekek/symbivit-mikorrhiza-gomba1/>

INTERNET4: <http://www.alphaplant.hu/terrum>

INTERNET5: <http://gyokeritato.hu/> (Internet 2-5 letöltés ideje 2017.02.01.)

**Különböző ökológiai feltételek és a talajhasznosítás hatása a talaj C- és N-  
körforgalmával kapcsolatos mikrobiológiai folyamatokra**

*Kátai János<sup>1</sup> – Zsuposné Oláh Ágnes<sup>1</sup> – Sándor Zsolt<sup>1</sup> – Tállai Magdolna<sup>1</sup> – Vágó Imre<sup>1</sup>  
– Inubushi Kazuyuki<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Debrecen Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási  
Kar*

*Agrokémiai és Talajtani Intézet*

*<sup>2</sup> Graduate School of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Chiba, JAPAN*

**Összefoglalás**

Japán és Magyarország - földrajzi elhelyezkedés következtében - nagyon eltérő éghajlati és ökológiai adottságokkal rendelkezik. A két országban eltérőek a talajtípusok, alapvetően különböznek a termesztett növénykultúrák, az alkalmazott termesztéstechnológiai eljárások és természetesen azoknak a talajtulajdonságaira gyakorolt hatásai is.

Együttműködésünk célja volt, hogy összehasonlítsuk a japán és magyar trágyázási kísérletből származó talajok fontosabb fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságait. Tanulmányoztuk a műtrágyázás különböző dózisainak hatását a talaj kémhatására és savanyúságára, a felvehető tápanyagtartalmára, valamint a szén- és nitrogén körforgalommal kapcsolatos talaj mikrobiológiai jellemzőkre. Vizsgáltuk Numata (Japán) térségéből füves vegetáció, alma ültetvény és erdő kísérlet műtrágya nélküli és műtrágyázott kezeléseit, valamint egy rizsföld (paddy field) talaját. A magyar talajminták a Debrecen-Látókép és Görbeháza trágyázási tartamkísérlet területről származtak, ahonnan három-három (kontroll, közepes és nagy adagú műtrágya dózis) kezelést választottunk ki, ahol kukorica tesztnövény használtak.

A japán Andosols talajok lényegesen nagyobb nedvességtartalommal és szerves anyag tartalommal rendelkeznek, mint a magyar talajok, amelyek nagymértékben befolyásolják a talaj ásványi tápanyagtartalmát és a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatokat is. A japán talajok nagyobb mikrobiális biomasszával (MBC), ureáz és nitrát feltáródással rendelkeztek, ugyanakkor a magyar talajokban nagyobb szacharáz aktivitást és széndioxid termelést mértünk. A magyar talajokban műtrágyázás hatására kismértékben növekedett a mikrobiális biomassza, szignifikánsan pedig az ureáz aktivitás és a nitrát-feltáródás. A japán talajok mikrobiológiai aktivitása a különféle talajhasználat során az alábbi sorrendben csökkent: erdő, gyepek vegetáció és gyümölcsös.

**Summary**

Japan and Hungary have very different climatic and ecological capabilities due to their geological locations. Japan has a maritime climate, while Hungary has continental. In Japan, the most important soil parent materials are volcanic, the Andosols formed on this, and alluvial origin, sediment (paddy field), while in Hungary in the Great Plains the most important bedrock is the loess, on which mainly the fertile chernozem soils are formed among others. The two countries have different soil types, they cultivate various crops,

they use other cultivation methods and of course their impacts of these factors on soil properties also have different.

Soil samples from experiments in Numata (Japan) region of grass vegetation, a forest and an apple orchard without fertilizers and fertilizer treatments as well as soil of a rice paddy field were examined. The Hungarian soil samples origin from Debrecen-Látókép and Görbeháza long-term fertilization experiments from three treatments (control, medium and high doses of fertilizer doses), the test plant was corn.

The aim of our cooperation was to compare the most important physical, chemical and microbiological properties of soils from the Japanese and Hungarian fertilization experiments. The Japanese Andosols have significantly higher moisture and organic matter content than the Hungarian soils, these properties heavily influenced on the mineral nutrients and microbial processes in soils. Japanese soils had higher microbial biomass (MBC), urease activity and nitrate exploration than Hungarians. At the same time Hungarian soils had higher saccharase activity and carbon-dioxide production compared to the Japanese soils. The fertilizer application slightly increased the values of MBC in the Hungarian soils, while the urease activity and nitrate exploration were increased significantly. The microbial activity of Japanese soils decreased according to land use, in the following order: forest, grassland as well as apple orchards.

### **Bevezetés**

A növénytermesztés elsődleges célja napjainkban a termésbiztonság megőrzésére és a jó minőségű termékek előállítása. Ennek teljesülését alapvetően a természetes, ökológiai tényezők, az alkalmazott agrotechnikai eljárások, valamint a természetben kívánt növények genetikai sajátosságai határozzák meg. Az ökológiai tényezők között kiemelt szerepe van az éghajlatnak és a talajnak. A talajok fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak, komplex ismerete feltétlenül szükséges (KÁTAI, 1992), a mélyebb összefüggések ismerete nélkül nem képzelhető el az okszerű talajhasználat (Bíró, 2006).

A trágyázási tartamkísérletek jelentősen befolyásolják a talajok kémiai és mikrobiológiai tulajdonságait. A hazai és külföldi kutatók (KÁTAI, 1999; 2006, SZILI-KOVÁCS et al., 2009; PULLEMAN et al., 2012; SIMON & TAKO, 2014; KÁTAI et al., 2014) egyaránt bizonyították, hogy a kiegyensúlyozott tápanyag ellátottság kedvezően befolyásolja az ökoszisztémák elemkörforgalmát és energiaáramlását, a talaj élővilágának dinamikáját és aktivitását, valamint a növények fejlődését.

Japán – magyar projekt keretében együttműködésünk célja különböző japán és magyar talajtípusok összehasonlító talajkémiai és talaj mikrobiológiai elemzése volt. Eredményeinkről több dolgozatban is beszámoltunk (KONG et al., 2013; KÁTAI et al. 2013a, 2013b).

Japán és Magyarország nagyon eltérő éghajlati és ökológiai adottságokkal rendelkezik. Japánban a legfontosabb talajképző közet vulkanikus eredetű – ezen alakul ki az Andosols – és tengeri üledék eredetűek (paddy field), amíg hazánkban az Alföldön a legfontosabb alapkőzet a lösz, amelyen – többek között – a termékeny csernozjom talajok képződnek. A két országban eltérőek a talajtípusok, alapvetően különböznek a termesztett növénykultúrák, az alkalmazott termesztéstechnológiai eljárások és természetesen azoknak a talajtulajdonságaira gyakorolt hatásai is. Ebben a dolgozatunkban bemutatjuk a japán és magyar trágyázási kísérletből származó talajok fontosabb fizikai, kémiai és



## Különböző ökológiai feltételek és a talajhasznosítás hatása a talaj C- és N-körforgalmával kapcsolatos mikrobiológiai folyamatokra

mikrobiológiai tulajdonságait. Tanulmányoztuk a műtrágyázás különböző dózisainak hatását a talaj kémhatására és savanyúságára, a felvehető tápanyagtartalmára, valamint a szén- és nitrogén körforgalommal kapcsolatos talaj mikrobiológiai jellemzőkre.

### Anyag és módszer

Vizsgáltuk Numata (Japán) térségéből füves vegetáció, gyümölcs (alma) ültetvény és erdő kísérlet műtrágya nélküli és műtrágyázott kezeléseit, valamint egy rizsföld (paddy field) talaját. A magyar talajminták a Debrecen-Látókép (a kísérlet beállítási éve: 1983) és Görbeháza (a kísérlet beállítási éve: 1988) trágyázási tartamkísérlet területről származnak, ahonnan három-három (kontroll, közepes és nagy adagú műtrágya dózis) kezelést választottunk ki, ahol kukorica tesztnövény használtak. A kísérlet fontosabb adatait az 1. táblázat tartalmazza. A talajmintavétel 2012 őszén volt. A vizsgálatokat három ismétlésben végeztük.

#### 1. táblázat A kísérletek kezelése, talajtípusa, vegetációja, a mintavétel helyszíne

Japán kísérlet					
Kezelés jele	Kezelések (kg/ha)	Vegetáció	Talajtípus	Helyszín	Időpont
1.	kontroll	gyep	Andosols	Numata	06.12.2012
2.	N <sub>150</sub>	gyep			
3.	kontroll	gyümölcsös			
4.	N <sub>150</sub>	gyümölcsös			
5.	kontroll	erdő			
6.	N <sub>150</sub>	erdő			
7.	-	rizs	Paddy field	Küjukur	
Magyar kísérlet					
8.	kontroll	kukorica	Mészlepedékes csernozjom	Debrecen – Látókép	12.11.2012
9.	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	kukorica			
10.	N <sub>240</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	kukorica			
11.	kontroll	kukorica	Típusos réti	Görbe- háza	01.10.2012
12.	N <sub>80</sub> P <sub>50</sub> K <sub>60</sub>	kukorica			
13.	N <sub>160</sub> P <sub>100</sub> K <sub>120</sub>	kukorica			

Az alábbi talaj paramétereket vizsgáltuk:

A nedvességtartalom (105°C –on történő 24 h szárítást követően), a leiszapolható rész (Li%), a pH (desztillált vizes és 1M KCl-os közegben, a talaj/víz 1:2,5 w/w), a hidrolitos

aciditás BUZÁS módszere szerint (1988), a felvehető P and K; AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és -K<sub>2</sub>O mérése EGNER *et al.*, szerint (1960), a NO<sub>3</sub>-N tartalom, valamint a nitrát-feltáródás inkubációs kísérletben Felföldymódszere alapján (1987) történt. A szerves szén (OC) SZÉKELY *et al.*, (1960), a szerves nitrogén (ON) Kjeldahl módszerével (FILEP, 1988), az aerob cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok mennyisége POCHON & TARDIEUX (1962) módszerével történt. A szacharáz aktivitás méréséhez FRANKENBERGER *et al.*, (1983) módszerét használtuk, az ureáz aktivitást Kempers (FILEP, 1988) módosított eljárásával, a mikrobiális biomassza szén (MBC) és nitrogén (MBN) mennyiségét fumigációs-extrakciós módszerrel (VANCE *et al.*, 1987), a széndioxid-produkciót 10 napos inkubálás során „NaOH csapdával” (WITKAMP, 1966. cit. SZEGI, 1979.) határoztuk meg.

Az eredmények értékelése során kiszámoltuk a mintavételi átlagokat, a szórást, illetve varianciaanalízis alkalmazásával kimutattuk a kezelések közötti különbséget. A szignifikáns differencia értékét a mezőgazdaságban általánosan alkalmazott 5%-os szinten számoltuk. A statisztikai értékelést Excel 2013 továbbá SPSS 13. 0 programok segítségével végeztük.

### Eredmények

A talajok között nagy különbség mutatkozik a **por és agyagtartalmuk** mennyisége szerint. A japán talajok a leiszapolható rész alapján homoknak, amíg a magyar talajok vályognak minősíthetők. A magyar talajok 3-5-ször nagyobb mennyiségű por és agyag frakcióval rendelkeznek (2. táblázat).

A japán Andosols talajoknak szignifikánsan közel kétszer nagyobb a **nedvességtartalmuk**, mint a magyar talajoknak. Ez a nagy különbség elsősorban a nagy mennyiségű csapadéknak köszönhető, valamint a talajok nagy szerves anyag tartalmának.

A japán talajok közül a gyephasznosítás alatt közel semleges, az alma ültetvényben erősen savanyú, az erdő alatt és a rizsföldön savanyú **kémhatást** mértünk. A látóképi kísérlet talaja gyengén savanyú, a görbeházi kísérlet talaja gyengén lúgosnak minősíthető. Meglepően nagy eltérés mutatkozik a különböző hasznosítású Andosol-ok között, a magyar talajokhoz képest nagy hidrolitos aciditást (33-61) mértünk. Műtrágyázás hatására a gyümölcsösben, az erdőben és a magyar tartamkísérletben kimutatható volt a talajok savanyodása.

A műtrágyázás statisztikailag igazolhatóan egyértelműen minden kísérletben és növénykultúra alatt növelte a talajok felvehető **nitrát, az AL-oldható foszfor- és káliumtartalmát**. A kezeletlen japán talajok nitrát tartalma közel háromszorosa volt a magyarokénak. Az alma ültetvényben kiemelkedően magas foszfortartalmat mértünk mind a kontroll, mint a trágyázott kezelésben. A hazai trágyázási tartamkísérletben 7-17-szeresére emelkedett a talaj felvehető foszfortartalma. A japán talajok káliumtartalma kisebb értékekről emelkedett műtrágyázás hatására. A magyar kísérletekben nagyobb volt a kontroll káliumtartalma.

## Különböző ökológiai feltételek és a talajhasznosítás hatása a talaj C- és N-körforgalmával kapcsolatos mikrobiológiai folyamatokra

2. táblázat A vizsgált kezelések talajainak fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai

Kezelés jele	Leiszapolható %	Nedvesség tartalom %	$pH_{H_2O}$	$pH_{KCl}$	Hidrolitos aciditás	$NO_3^-$ mg kg <sup>-1</sup>	AL- $P_2O_5$ mg kg <sup>-1</sup>	AL- $K_2O$ mg kg <sup>-1</sup>
1.	10,92a <sub>1</sub>	36,13a <sub>1</sub>	6,83a <sub>1</sub>	6,32a <sub>1</sub>	-	44,34a <sub>1</sub>	160a <sub>1</sub>	99a <sub>1</sub>
2.	15,27b <sub>1</sub>	32,49b <sub>1</sub>	7,32b <sub>1</sub>	6,93b <sub>1</sub>	-	75,51b <sub>1</sub>	195b <sub>1</sub>	153b <sub>1</sub>
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	2,81	3,12	0,48	0,55		10,61	28,19	23,66
3.	20,40a <sub>2</sub>	34,51a <sub>2</sub>	4,21a <sub>2</sub>	3,65a <sub>2</sub>	58,43a <sub>2</sub>	46,93a <sub>2</sub>	380a <sub>2</sub>	129a <sub>2</sub>
4.	20,32a <sub>2</sub>	33,98a <sub>2</sub>	4,39a <sub>2</sub>	3,58a <sub>2</sub>	61,35b <sub>2</sub>	53,71a <sub>2</sub>	938b <sub>2</sub>	201b <sub>2</sub>
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	1,12	2,96	0,21	0,05	1,18	10,11	241,28	70,80
5.	8,72a <sub>3</sub>	38,26a <sub>3</sub>	5,34a <sub>3</sub>	4,50a <sub>3</sub>	33,05a <sub>3</sub>	47,31a <sub>3</sub>	10a <sub>3</sub>	114a <sub>3</sub>
6.	7,60a <sub>3</sub>	46,53b <sub>3</sub>	5,06a <sub>3</sub>	4,23a <sub>3</sub>	47,80b <sub>3</sub>	59,29b <sub>3</sub>	30b <sub>3</sub>	123a <sub>3</sub>
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	1,29	1,98	0,40	0,50	11,80	11,60	14,81	10,77
7.	6,72	27,33	6,52	5,36	6,73	4,90	162	285
8.	55,80a	18,80a	6,64a	5,48a	5,90a	13,20a	22a	233a
9.	56,04b	18,94a	6,26a	5,11a	7,82b	31,70b	63b	243a
10.	55,28c	18,69ab	6,14ab	4,99ab	8,49b	34,57b	141c	294b
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	0,24	0,49	0,40	0,41	1,35	13,61	18,15	24,43
11.	59,10a	17,45a	8,03a	7,23a	-	16,64a	15a	267a
12.	60,50a	20,82b	7,80a	7,14a	-	40,12b	162b	279a
13.	60,80ab	18,70ab	7,01b	6,44ab	-	38,90b	258c	297ab
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	1,62	2,07	0,45	0,56		12,80	16,43	18,95

A japán talajok **szerves szén (OC)** és **nitrogén (ON)** tartalma 2-3-szor nagyobbak bizonyult, a magyar talajokénál (3. és 4. táblázat). Legnagyobb szerves anyag tartalommal az erdőtalaj rendelkezett, majd csökkenő sorrendben az alma ültetvény talaja, a gyeplatti talaj, a görbeházi, és látóképi talajok, végül a rizsföld talaja következik. A C/N arány a numatai kísérlet talajában 12,6 és 14,4 között változott, a görbeházi talaj esetében 11,4-12,8; a látóképi kísérletben 10,1 -11,2; a rizsföldön 11,0 volt.

3.táblázat Mútrágyázás hatása a szénforgalom mikrobiológiai paramétereire

Kezelés jele	Szerves szén (g kg <sup>-1</sup> )	Cellulóz-bontó baktérium (x 10 <sup>3</sup> )	Szacharáz aktivitás (glükóz mg 100g <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> (mg 100g talaj <sup>-1</sup> 10nap <sup>-1</sup> )	MBC (μg g <sup>-1</sup> )	MBC/OC (%)	CO <sub>2</sub> /MBC qCO <sub>2</sub>
1.	36,0a <sub>1</sub>	29,9a <sub>1</sub>	6,41a <sub>1</sub>	5,70a <sub>1</sub>	355,4a <sub>1</sub>	0,99a <sub>1</sub>	0,16a <sub>1</sub>
2.	31,3b <sub>1</sub>	20,2b <sub>1</sub>	3,54 b <sub>1</sub>	5,49a <sub>1</sub>	326,9a <sub>1</sub>	1,04a <sub>1</sub>	0,16a <sub>1</sub>
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	2,81	3,20	2,26	0,33	60,57	(0,06)	(0,02)
3.	49,4a <sub>2</sub>	0,6a <sub>2</sub>	1,43a <sub>2</sub>	7,91a <sub>2</sub>	209,4a <sub>2</sub>	0,42a <sub>2</sub>	0,37a <sub>2</sub>
4.	45,3b <sub>2</sub>	1,0a <sub>2</sub>	0,78b <sub>2</sub>	7,37a <sub>2</sub>	209,7a <sub>2</sub>	0,46a <sub>2</sub>	0,35a <sub>2</sub>
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	3,24	0,50	0,49	0,90	1,12	(0,05)	(0,03)
5.	69,5a <sub>3</sub>	3,6a <sub>3</sub>	5,30a <sub>3</sub>	8,65a <sub>3</sub>	665,6a <sub>3</sub>	1,04a <sub>3</sub>	0,13a <sub>3</sub>
6.	70,5a <sub>3</sub>	3,1a <sub>3</sub>	9,02b <sub>3</sub>	8,55a <sub>3</sub>	909,0b <sub>3</sub>	1,29a <sub>3</sub>	0,09a <sub>3</sub>
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	2,53	1,20	2,78	0,15	149,42	(0,40)	(0,26)
7.	11,2	11,7	1,07	10,29	149,4	1,33	0,69
8.	14,6a	0,5a	10,78a	15,70a	108,0a	0,74a	1,45a
9.	15,0a	0,8a	13,03a	15,04a	140,2b	0,93a	1,07b
10.	15,2a	0,2a	12,30a	17,11b	154,1b	1,01b	1,11ab
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	0,80	0,32	2,42	1,11	28,32	(0,20)	(0,37)
11.	20,6a	6,3a	9,18a	15,79a	238,3a	1,16a	0,66a
12.	25,5b	9,5b	9,82a	14,22b	313,7b	1,23a	0,45b
13.	25,3ab	3,9a	14,50b	18,91c	276,4ab	1,09a	0,68a
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	4,80	2,72	2,36	1,42	50,03	(0,25)	(0,21)

A baktérium populáció dinamikai **vizsgálatok** során meghatároztuk az aerob **cellulóz-bontó és nitrifikáló baktériumok mennyiségét** (3. és 4. táblázat). A cellulóz-bontó baktériumok legnagyobb mennyiségben a numatai gyeper alatt fordultak elő, csökkenő mennyiségi sorrendben a rizsföld, a görbeházi talajok, a numatai erdő következik. Kisebbségi mennyiségű cellulóz-bontót találtunk a numatai alma ültetvény és a látóképi kísérlet talajában.

## Különböző ökológiai feltételek és a talajhasznosítás hatása a talaj C- és N-körforgalmával kapcsolatos mikrobiológiai folyamatokra

---

Nem találtunk nitrifikáló baktériumokat a numatai erdő talajában, de jelenlétük a többi japán talajban is csak éppen kimutatható volt. Mennyiségük a magyar talajokban is csak néhány  $1000 \text{ g}^{-1}$  talajra tehető.

A szén- és nitrogén körforgalomhoz kapcsolódóan a **szacharáz és ureáz enzimek aktivitását** mértük (3. és 4. táblázat). A magyar talajok 1,5-2-szer nagyobb szacharáz aktivitással rendelkeznek, mint a japánok. A magyar kísérletekben a műtrágyázás kismértékben serkentette az enzimműködést. Legkisebb aktivitást a gyümölcsösben mértük.

Az ureáz enzim aktivitása kimagaslóan, két nagyságrenddel nagyobb volt a numatai gyeperdő alatti talajokban, mint a többi talajban. Az alma ültetvény talajában nagyságrendileg hasonló aktivitás értéket mértünk, mint a magyar talajokban. Műtrágyázás hatására mindkét magyar kísérlet talajában növekedett az enzimaktivitás.

A magyar talajok **széndioxid termelése** nagyobbak bizonyult, mint a japán talajoké. A műtrágya kezelések csak a nagyobb dózisok mellett eredményeztek növekedést. Legkisebb széndioxid a gyeperdő alatti talajban képződött.

A laboratóriumi érlelési kísérletben a **nitrát-feltáródás** a magyar és a japán talajokban szignifikánsan növekedett műtrágyázás hatására. A nitrát-feltáródás növekedésének mértéke és kiindulási értéke a magyar talajok esetében jóval szerényebb volt, amíg a japán talajokban ez egy nagyságrenddel nagyobb volt. A feltáródás mértéke az alábbi sorrendben csökkent: erdő, gyeperdő és végül az alma ültetvény alatti talajban.

Nagyobb **mikrobiális biomasza szenet (MBC)** a numatai erdő kontroll és kezelt talajában mértünk. Ezt követi a gyeperdő alatti talaj MBC értéke. A görbeházi kísérletben nagyobb MBC értékeket határoztunk meg, mint a látóképi talajokban. Mindkét magyar kísérletben szignifikáns növekedést eredményezett a műtrágyázás a mikrobiális biomasza széntartalmában. A japán talajok MBC tartalma 0,4-6-szor nagyobbak, mint a magyar kontroll talajok MBC értékei.

A **mikrobiális nitrogén (MBN)** értékek között nem mutatkozott olyan látványos nagy különbség a magyar és a japán talajok esetében. Legnagyobb értéket a gyeperdő alatt mértük, legkisebbet pedig az alma ültetvény talajában. Műtrágyázás hatására szignifikáns növekedést csak a magyar talajokban mutattunk ki.

A talajok **C/N** aránya a japán talajokban nagyobb volt (12,6-14,4) mint a magyar talajokban - kivéve a rizsföldet. A magyar talajokban 10,1 és 12,8 között változott. A rizsföldön a C/N arány: 11,0, A **MBC/MBN** kimagaslóan nagy értéket (20,2-26,0) mutatott az alma ültetvény és az erdő alatt. A többi talaj esetében 6,5 és 10,5 között változott.

4. táblázat Műtrágyázás hatása a nitrogénforgalom mikrobiológiai paramétereire

Kezelés jele	Szerves nitrogén (g kg <sup>-1</sup> )	Nitrifikáló baktérium (x 10 <sup>3</sup> )	Ureáz (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg 100g <sup>-1</sup> )	Nitrát feltáródás (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> µg g <sup>-1</sup> )	MBN (µg g <sup>-1</sup> )	Organic C/N	MBC/MBN
1.	2,8a <sub>1</sub>	0,3a <sub>1</sub>	2013,0a <sub>1</sub>	103,5a <sub>1</sub>	55,1a <sub>1</sub>	12,9a <sub>1</sub>	6,5a <sub>1</sub>
2.	2,4 a <sub>1</sub>	0,2a <sub>1</sub>	1689,0b <sub>1</sub>	224,6b <sub>1</sub>	48,0a <sub>1</sub>	13,0a <sub>1</sub>	6,8a <sub>1</sub>
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	0,91	0,19	294,20	93,12	8,63	(0,61)	(0,46)
3.	3,9a <sub>2</sub>	0,4a <sub>2</sub>	84,3a <sub>2</sub>	99,66a <sub>2</sub>	10,1a <sub>2</sub>	12,7a <sub>2</sub>	20,7a <sub>2</sub>
4.	3,6a <sub>2</sub>	0,4a <sub>2</sub>	29,1b <sub>2</sub>	161,8b <sub>2</sub>	10,4a <sub>2</sub>	12,6a <sub>2</sub>	20,2a <sub>2</sub>
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	0,97	0,26	26,71	24,40	0,89	(0,22)	(0,70)
5.	5,1a <sub>3</sub>	0,0a <sub>3</sub>	2857,2a <sub>3</sub>	110,8a <sub>3</sub>	28,0a <sub>3</sub>	13,6a <sub>3</sub>	23,7a <sub>3</sub>
6.	4,9a <sub>3</sub>	0,0a <sub>3</sub>	3399,8b <sub>3</sub>	238,6b <sub>3</sub>	35,0b <sub>3</sub>	14,4a <sub>3</sub>	26,0b <sub>3</sub>
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	0,65	0,0	748,94	108,38	5,70	(1,61)	(1,16)
7.	1,0	1,0	*66,8	105,8	-	11,0	7,8
8.	1,3a	0,6a	24,1a	8,2a	16,0a	11,2a	6,8a
9.	1,4a	1,8b	33,7b	11,1b	19,0a	10,7a	7,4a
10.	1,5a	2,9c	28,7c	10,1ab	20,0ab	10,1b	7,7a
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	0,61	0,48	2,04	2,80	3,95	(0,60)	(1,49)
11.	1,8a	5,8a	32,0a	1,0a	26,0a	11,4a	9,1a
12.	2,0a	0,3b	38,5b	9,7b	30,0a	12,8b	10,5a
13.	2,1a	0,5b	42,3c	29,7c	32,0b	12,0ab	8,6a
<i>SzD</i> <sub>5%</sub>	0,50	4,30	3,23	8,52	5,14	(1,08)	(1,57)

A **specifikus respirációs aktivitás** kifejezi az egységnyi mikrobiális biomasza respirációját (Szili-Kovács et al., 2011). Az eredményekből kitűnik, hogy a specifikus respiráció a vizsgált talajok többségénél 0,74 és 1,33 közötti volt. Az alma ültetvények alatti talajokban mértük a legkisebb értékeket (3. táblázat).

A másik fontos talaj mikrobiológiai index, a **mikrobiális kvóciens**. Ez alapján az első csoportba három japán talaj tartozik (0,09-0,37), a görbeházi talajok és a rizsföld a második csoportba (0,45-0,69), a harmadik csoportba a látóképi talajokat (1,07-1,45) sorolhatjuk. Mindkét változó a mikrobiális közösség energetikai hatékonyságát fejezi ki (Anderson, 2003). A nagyobb specifikus respirációs aktivitás azt jelenti, hogy mikrobiális biomasza fenntartásához több energiára van szükség. Ez mikrobiális közösségek degradációját vagy stresszhelyzetét is jelezheti (Brookes, 1995).

## **Különböző ökológiai feltételek és a talajhasznosítás hatása a talaj C- és N- körforgalmával kapcsolatos mikrobiológiai folyamatokra**

---

### **Következtetések**

- A japán Andosols talajok szignifikánsan nagyobb nedvességtartalommal és szerves anyaggal rendelkeznek, mint a magyar talajok. Az eredmények is azt bizonyítják, hogy ezek a talaj tulajdonságok döntően meghatározzák a talajok ásványi anyag tartalmát és a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatokat.
- A japán talajok nagyobb mikrobiális biomassa (MBC), ureáz aktivitás és nitrát feltáródás értékekkel rendelkeznek, mint a magyar talajok, ugyanakkor a magyar talajokban nagyobb szacharáz aktivitást és széndioxid-termelést mértünk a japán talajokhoz képest.
- A műtrágyázás a magyar talajokban a MBC értékeket kismértékben, amíg az ureáz enzim aktivitását és a nitrát feltáródást szignifikánsan növelte.
- A japán talajok mikrobiológiai aktivitása a következő sorrendben csökkent a különböző talajhasználat mellett: erdő, gyepek vegetáció, valamint alma ültetvény.

### **Irodalomjegyzék**

- BUZÁS I. (Ed.) (1988) Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszertan 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Bp, pp, 90-93.
- BIRÓ B.: 2005. A talaj, mint a mikroszervezetek élettere. In: A talajok jelentősége a 21. században. (Szerk. Stefanovits Pál & Micheli Erika. MTA Budapest. 141-169.p.
- EGNÉR, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W.R. (1960) Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. LantbrHögsk, Ann 26. pp. 199-215.
- FELFÖLDY L. (1987) Biológiai vízminősítés. 4. kiadás Vízügyi Hidrológia, Vízgazdálkodási Intézet Budapest, Vol. 16. pp.172-174.
- FILEP Gy. (1988) Talajvizsgálatok. (jegyzet) Debreceni Agrártudományi Egyetem, 105-107.
- FRANKERBERGER, W.T. & JOHANSON, J. B. (1983) Method of measuring invertase activity in soils. Plant and Soil, Vol. 74. pp. 301-311.
- KÁTAI, J. (1992) Correlation among the physical, chemical characteristics and microbiological activities of some soil types. In: Functioning and Dynamics of Perturbed Ecosystems. Eds. Bellan, D.- Bonin, G. – Emig, C. Lavoisier Publishing, Paris.137-158.
- KÁTAI J. (1999) Talajmikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan 1999. Vol. 48/3-4. 348-360. p.
- KÁTAI, J. (2006) Changes in soil characteristics in a mono- and triculture long-term field experiment, Hungarian Contributions to the 18<sup>th</sup> International Congress of Soil Sciences, Agrokémia és Talajtan. Vol. 55. No. 1. Special issue. 183-192. p.
- KÁTAI, J., VÁGÓ, I., BORBÉLY, M., KONG, Y. & INUBUSHI, K. (2013a) Correlation between mineral nutrients and enzyme activities in Hungarian and Japanese soils. 12<sup>th</sup> Alps-Adria Scientific Workshop. 2013. March 18-23. NAKVI, Növénytermelés. Vol. 62. 249-253.

- KÁTAI, J., ZSUPOSNÉ, O. Á., SIMÁNDI, P., KONG, Y. & INUBUSHI, K. (2013b) Effects of land use and nutrient supply on the soil microbial processes of carbon and nitrogen cycles. 12<sup>th</sup> Alps-Adria Scientific Workshop. NAKVI. Növényterm. Vol. 62. 273-277.
- KÁTAI, J., ZSUPOSNÉ, O. Á., SÁNDOR, Zs. & TÁLLAI, M. (2014) Comparison of soil parameters of the carbon and nitrogen cycles in a long-term fertilization field experiment, *Agrokémia és Talajtan*. Vol. 63. No 1. pp. 129-138.
- KONG, Y., NAGANO, H., KÁTAI, J., VÁGÓ, I., ZSUPOSNÉ, O. Á., YASHIMA, M. & INUBUSHI, K. (2013) CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> production/consumption potentials of soils under different land-use types in central Japan and eastern Hungary, *Japanese Soil Science and Plant Nutrition* (2013) 59. 455-462. p.
- POCHON, J. & TARDIEUX, P. (1962) *Techniques D' Analyse en Microbiologie du Sol*, Collection, "Techniques de Base". pp. 102.
- PULLEMAN, M., CREAMER, R. & HAMER, U. (2012) Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem service an overview of European approaches, *Current opinion in environmental sustainability*. Vol. 4. No 5. pp. 529-538.
- SIMON, T. & TAKO, A. (2014) Influence of long-term application of organic and inorganic fertilizers on soil properties. *Plant Soil and Environment*. Vol. 60. pp. 314-319.
- SZÉKELY Á., SCHLICK B. & SZABÓ T-né (1960) A szerves szén fotometriás és kolorimetriás meghatározása. *Agrokémia és Talajtan* Vol. 9. pp. 111-120.
- Szegi J. (1979) *Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek*. Mezőgazda Kiadó. Bp. 250-256.
- SZILI-KOVÁCS T., ZSUPOSNÉ O. Á., KÁTAI J., VILLÁNYI I. & TAKÁCS T. (2009) Talajbiológiai és talajkémiai változók közötti összefüggések néhány tartamkísérlet talajában. *Agrokémia és Talajtan* 58. 309-324.
- SZILI-KOVÁCS T., KÁTAI J. & TAKÁCS T. (2011) Mikrobiológiai indikátorok alkalmazása a talajminőség értékelésében. 1. Módszerek. *Agrokémia és Talajtan*. 60/1., 273-286. p.
- VANCE E. D., BROOKES P. C. & JENKINSON, D. S. (1987) An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. *Soil Biol. Biochem*. Vol. 19. pp. 703-707.

### **Köszönetnyilvánítás**

Kutató munkánkat a Magyar-Japán kormányközi TÉT Együttműködés (2010-2011) „Comparison the productivity of soils in Japan and Hungary formed under different ecological circumstances and soil management processes with biological methods” keretében valósítottuk meg. Köszönettel tartozunk továbbá Pepó Péter egyetemi tanárnak és Sárvári Mihály egyetemi tanárnak, hogy bekapcsolódhattunk az általuk irányított trágyázási tartamkísérlet kutatómunkájába.



### Bioszén dózisok és bioeffektor baktériumoltás hatása homoktalajon tenyészedény kísérletben

Kocsis Tamás, Kotroczó Zsolt, Biró Borbála

Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék,  
Budapest. E-mail: [tomi.kocsis@yahoo.com](mailto:tomi.kocsis@yahoo.com); [biro.borbala@kertk.szie.hu](mailto:biro.borbala@kertk.szie.hu)

#### Összefoglalás

A bioszén fizikai és kémiai tulajdonságai, összetétele, felülete, szemcsemérete hatással van a talaj-növény-mikróba rendszerre. Tenyészedény-kísérletben vizsgáltuk a talajok mikrobiológiai tulajdonságait humuszos homoktalajjal különböző (0,5; 1; 2,5; 5 és 10 %) bioszén dózisok és bioeffektor (*Pseudomonas putida*) növényoltás, valamint paradicsom (*Solanum lycopersicon* var. Mobil) tesztnövény felhasználásával négy ismétlésben. A dehidrogenáz talajenzim- és egyes kiemelt mikroba csoportok (aerob, anaerob, és mikro gombák) és a növény-növekedés-serkentő *Pseudomonas* sp. csíraszámát teszteltük legvalószínűbb (MPN) szám módszerrel. A bioszén és a bioeffektor oltóanyag együttes hatása szinergista módon kedvező a paradicsom növekedésére. A mért mutatók a harmadik mintavételre kiegyenlítődtek, ami a növény fiziológiai tulajdonságaitól való függőséget is bizonyítja. A mikroszkópikus gombák csíraszám-csökkenése alátámasztja a BE oltás kedvező biokontroll hatását.

#### Summary

Biochar application is a well-accepted method in sustainable agriculture. Several soil-physical-chemical properties can be improved. Less attention is given, however to soil-biological characteristics. Our aim was to study the environmental impacts of increasing biochar doses (0,5; 1; 2.5; 5 and 10%) in pot experiment with tomato (*Solanum lycopersicon* Mill. var. Mobil). The most probable number (MPN) of aerobic, anaerob and fungal microbes and dehydrogenase enzyme activity was assessed. Tomato plants were inoculated with bioeffector type of plant growth promoting (PGPR) *Pseudomonas putida* bacteria. A synergistic positive interaction was found among biochar and PGPR addition. There were also a dose-dependency of biochar recorded and a strong correlation with plant-physiological status. The reduction of microscopic fungal number in the soil, supports the foreseen biocontrol effect of PGPR bacterial inoculation.

#### Bevezetés

Bioszén alkalmazásával a talajbióta közösségekben olyan változások következhetnek be, amelyek okot adnak érdeklődésre és aggodalomra egyaránt (KOC SIS & BIRÓ, 2015). A mikrobiális közösség mennyiségi alakulásánál nem csak a növény-növekedést serkentő, hanem a talajeredetű, élelmiszer minőség és biztonság szempontból potenciális patogén mikroszervezetek is felszaporodhatnak (BECZNER et al., 2004). Az ilyen irányú kutatások nagy jelentőségűek, mivel a talaj mikrokozmosz alakulása kihat annak funkcióira és a talaj, mint ökoszisztéma szolgáltatásaira is (KOC SIS et al., 2015, KOTROCZÓ et al., 2009, 2014, SZILI-KOVÁCS et al., 2011). Ide sorolható a talajoknak kórokozókkal szembeni szuppresszív vagy receptív tulajdonsága, amihez a bioszén pozitív és negatív módon is hozzájárulhat. A bioszén hatására nagyobb mikroba-tömeget állapítottak meg különböző vizsgálati módszerekkel, mint pl. a közösségi nukleinsav analízis (GROSSMAN et al., 2010, JIN, 2010); kitenyésztés és telepszámlálásos eljárások (O'NEILL et al., 2009), a festődő részecskék mikroszkópos vizsgálatai (PIETIKÄINEN et al. 2000, WARNOCK et al., 2007,

JIN, 2010). Mindezen túl PIETIKÄINEN et al., (2000) és STEINER et al., (2004) megállapították, hogy a mikrobák reprodukciós rátája is növekszik a bioszénrel kezelt talajokban. Az egyes fiziológiai csoportok között a növénytermelés és -egészség, valamint az élelmiszer-minőség és -biztonság szempontjából sokféle típusú és funkciójú mikroba előfordulhat. Ezek tömegének gyarapodása általános jelenség a bioszén hatására (KOC SIS et al., 2015), de mértékét és elérhető maximumát a vizsgált mikrobacsoportok ökofiziológiai tulajdonságai erősen meghatározzák. A talaj-növény rendszerekben leggyakrabban a rhizoszféra mikrobiológiai tulajdonságait vizsgálják (BIRÓ, 2006). TRESEDER & ALLEN (2002) úgy találta, hogy a rhizoszférába juttatott bioszén a nem kezelt talajokhoz viszonyítva, növelte a mikrobák mennyiségét. A szerves-anyagok változása a talajban természetes mikrobiológiai folyamatokkal magyarázható, ennek fényében a következő kérdésekre kerestük a választ: 1) változik-e a bioszén hatására a talajok mikrobaszáma és aktivitása a növény növekedésével párhuzamosan, 2) van-e a bioszénnek talajfüggő felhasználási limitje és 3) a bioeffektor baktériumokkal való kölcsönhatás kedvező tulajdonságai jól kiaknázzhatók-e?

### Anyag és módszer

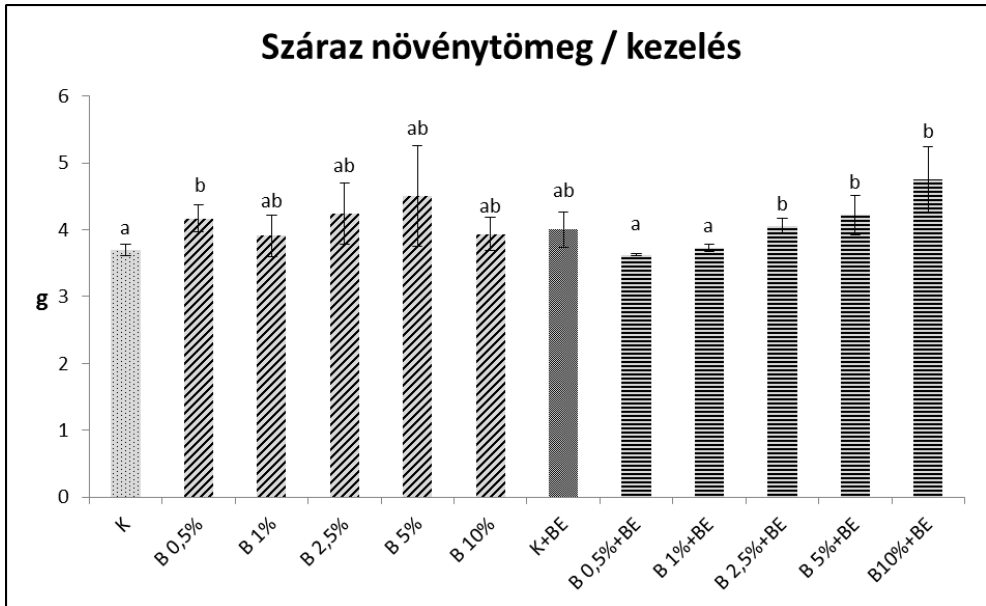
Növényi bioszén (B) dózisok (Land Management, Austria) hatását vizsgáltuk tenyészedény-kísérletben gyengén humuszos (1,5 H%) homoktalajon a SZIE Talajtan és Vízgazdálkodás tanszékén. Tesztnövénynek paradicsomot (*Solanum lycopersicon* var. 'Mobil') használtunk. A 10 hetes (+2 hét palánta előcsíráztatási) tenyészedény kísérletben (2 L), a bioszén dózisokat, a bemért talaj 0,5; 1; 2,5 és 10 %-a között adagoltuk. A bioszénkezelésekhez a bioeffektor baktériumkezelte edényeknél a homoktalajból izolált *Pseudomonas putida* (BE) talajbaktérium 10cm<sup>3</sup> mennyiségeit is adagoltuk növényenként (1,5×10<sup>8</sup> CFU/cm<sup>3</sup> titerrel). A talajnedvességet a teljes szárazföldi vízkapacitás (VKsz) 60%-án tartottuk. A kísérlet négy-négy ismétlésben folyt. Talajmintavételekre a tízhetes kísérlet második, ötödik és a tizedik heti időszakában került sor. A kísérlet bontásakor meghatároztuk a növényi biomassza friss és száraz tömegét. A talajminták dehidrogenáz enzimaktivitását THALMANN (1968) módszere alapján, VERES et al., (2015) módosítása szerint vizsgáltuk. Néhány kitenyészthető mikroba csoport (aerob-, anaerob baktériumok, mikrogomba- és *Pseudomonas* sp.) csíraszámát COCHRAN, (1950) munkája alapján, Most Probable Number (MPN) módszerrel ellenőriztük. A kapott eredmények kiértékelésére egytényezős teljes véletlen elrendezésű modellt (One-Way randomized design ANOVA) választottunk. A paraméterek közötti összefüggéseket Pearson-féle korrelációs együtthatóval vizsgáltuk.

### Eredmények és értékelésük

#### *A paradicsom biomassza tömegének alakulása*

A paradicsom biomassza (száraz) tömeg adatai szerint a növekvő bioszén dózisok kedvezően hatottak a paradicsom hajtás és gyökértömegére. Az együttes B+BE kezelések hatására ugyanakkor kisebb különbségeket mértünk az egyes dózisoknál a bioeffektor nélküli kezelésekhez viszonyítva. A *Pseudomonas* bioeffektor baktérium oltás a bioszén nagyobb dózisainál szinergista módon kedvezőnek adódott, míg BE nélkül csak a bioszén legkisebb, 0,5 %-os mennyisége bizonyult a biomasszára kedvező hatásúnak.

## Bioszén dózisok és bioeffektor baktériumoltás hatása homoktalajon tenyészedény kísérletben



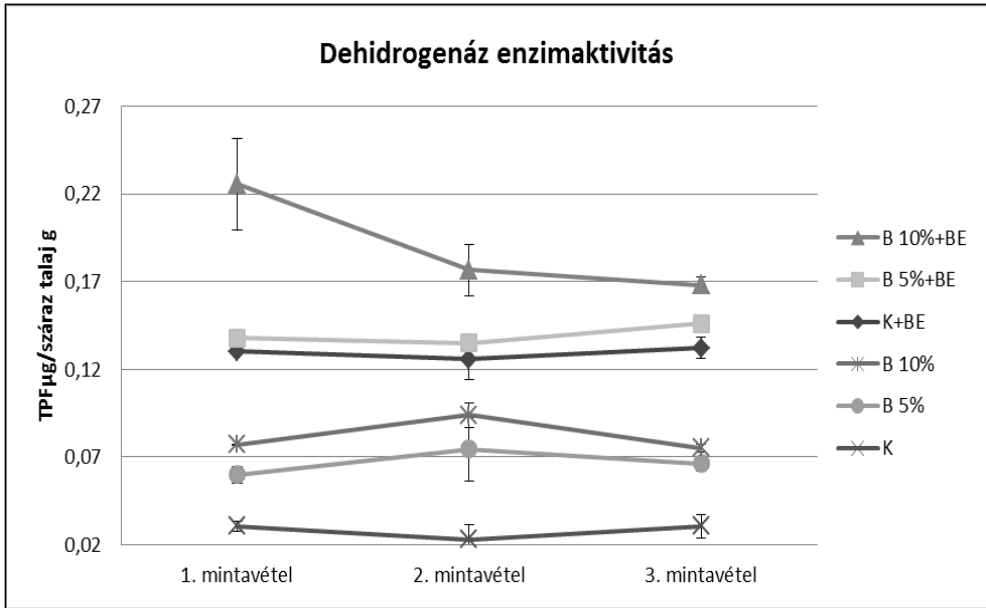
**1. ábra. Paradicsom növénytömegének alakulása növekvő bioszén (B) és bioeffektor (BE) kezelések hatására tenyészedény-kísérletben, gyengén humuszos homoktalajon. Budapest, 2016 (n=4).**

### *A talaj dehidrogenáz enzimaktivitásának alakulása*

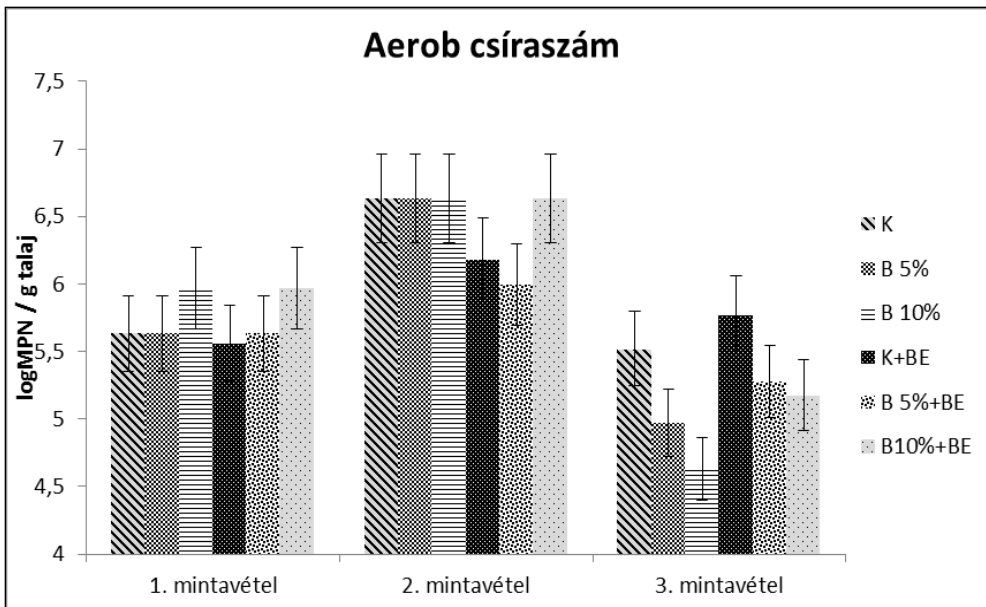
A dehidrogenáz enzimaktivitás eredményeinél, az összes mintavételt vizsgálva, a bioszén (B) kezelés és a bioszén+bioeffektor (B+BE) kezelések egyaránt lényeges, szignifikáns különbséget mutattak a kontrollhoz viszonyítva. Bár a növekvő bioszén koncentrációk kedvező hatást gyakoroltak a talajenzim aktivitására, azonban önmagában a szén dózisok nem haladták meg BE-vel kezelt kontroll enzim-aktivitásának értékét. Szinergista hatás figyelhető meg a B+BE együttes kezelésekre, amely lehetőséget teremthet ily módon a bioszén vívőanyagként történő alkalmazására is (LIANG et al. 2010, GROSSMAN et al. 2010). A harmadik mintavétel időpontjában, a 10%-os B+BE kezelésnél a kontrollhoz viszonyítva kilencszer magasabb enzim-aktivitást mértünk (1. ábra).

### *A talaj mikrobaszámának alakulása*

Az aerob csíraszámnál a második mintavételkor (5. hét) vett mintákban növekedés mutatkozott a kiindulási adatokhoz viszonyítva. A harmadik mintavételből (10. hét) vizsgált csíraszámok a kiindulási állapotokhoz hasonló értékeket mutatnak. A harmadik mintavétel kontrolljához viszonyítva szignifikánsan alacsonyabb értékeket mértünk az 5-, és 10% bioszén dózisoknál. Az aerob csíraszámok értékeit az 2. ábra mutatja.



**2. ábra** Paradicsom tenyészedeény kísérlet dehidrogenáz enzimaktivitása, három mintavételi időpontban bioszén (B) és bioeffektor (BE) kezelések hatására (n=4)

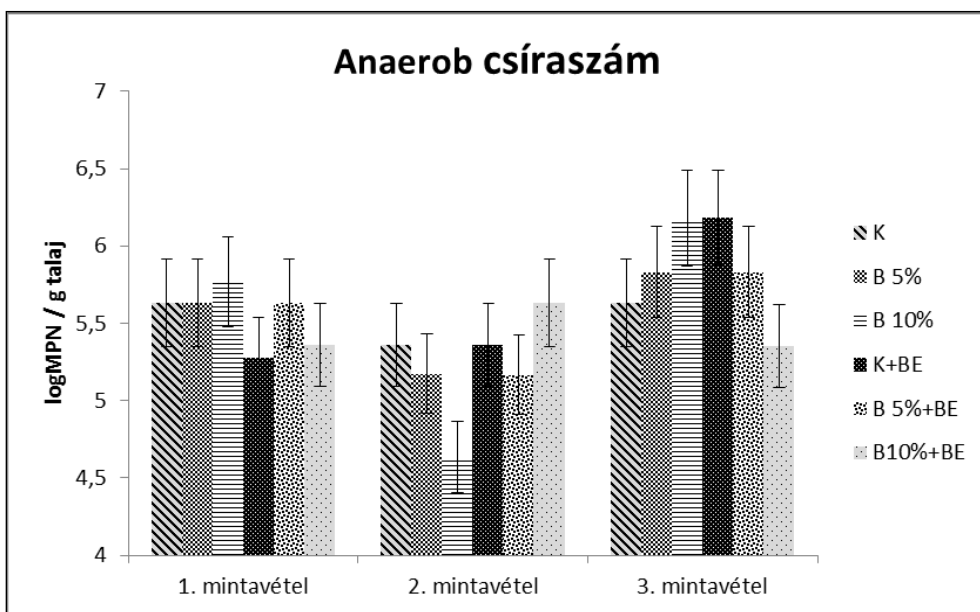


**3. ábra** Az összes aerob mikroszervezet legvalószínűbb száma három mintavételi időpontban bioszén (B) és bioeffektor (BE) kezelések hatására (n=4).

## Bioszén dózisek és bioeffektor baktériumoltás hatása homoktalajon tenyészedény kísérletben

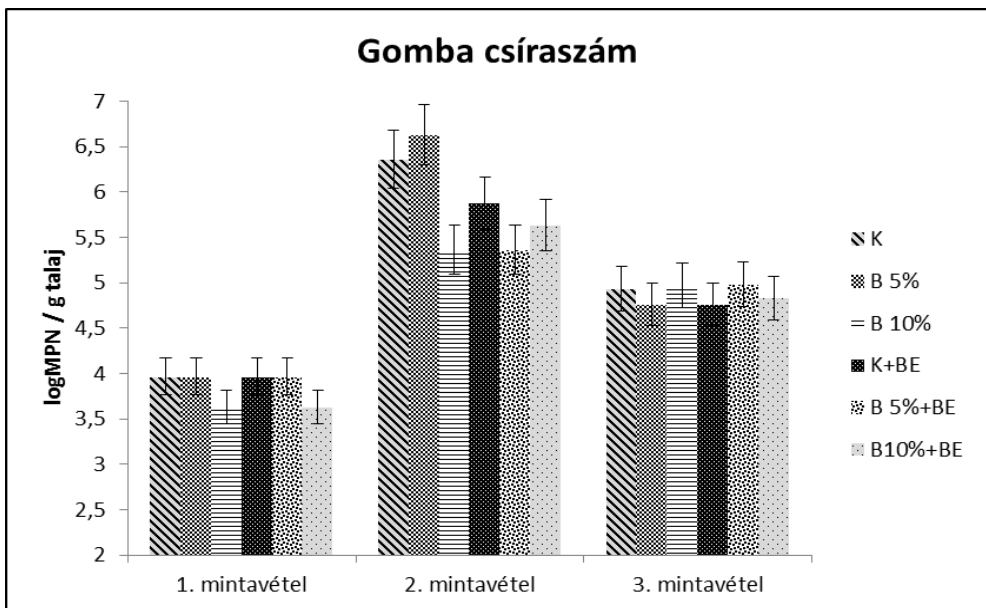
Az anaerob csíraszámokat vizsgálva az első mintavételhez viszonyítva a második alkalommal vett mintáknál csíraszám csökkenést tapasztaltunk, a 10%-os bioszén kezeléskor. A harmadik mintavételkor (10. hét) ugyanakkor növekedést kaptunk, de az egyes B+BE kezelések nem eredményeztek szignifikáns csíraszám változást a kontroll mintákhoz viszonyítva (3. ábra).

A mikroszkopikus gomba csíraszám változásában elsősorban a mintavételi időpontok között volt különbség. A kísérlet bontásakor az egyes kezelések csíraszámában azonban nem tapasztaltunk különbséget (4. ábra). Hasonló eredményeket kaptak MATSUBARA és társai (2002) akik azt vizsgálták, hogy az egyes mikroba csoportok milyen hatékonysággal tudnak bioszénhez kötődni.

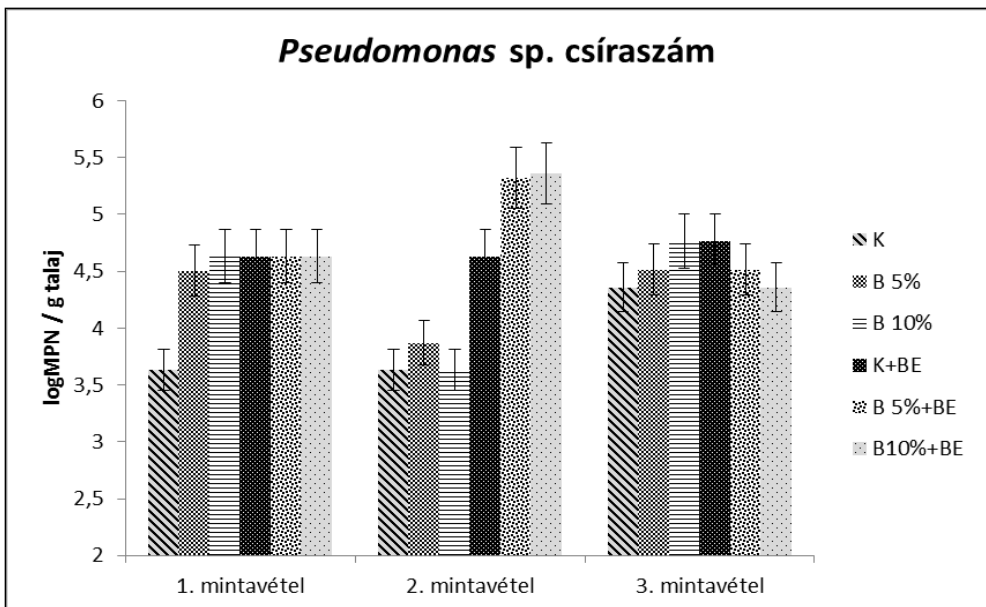


4. ábra Az összes anaerob mikroba legvalószínűbb száma, három mintavételi időpontban bioszén (B) és bioeffektor (BE) történő kezelés hatására (n=4)

A *Pseudomonas* csíraszám vizsgálata során, az első és a második mintavétel alkalmával tapasztaltunk szignifikáns csíraszám eltérést a kontroll csoporthoz viszonyítva. A második alkalommal vett mintákban kimutatható volt a BE kezelés hatása a csíraszámokban, míg a kísérlet végére ezek a különbségek is kiegyenlítődték (5. ábra).



**5. ábra** A talajokban előforduló gombák mennyisége, három mintavételi időpontban bioszén (B) és bioeffektor (BE) kezelés hatására (n=4)



**6. ábra** A *Pseudomonas* sp. legvalószínűbb száma három mintavételi időpontban bioszén (B) és bioeffektor (BE) történő kezelés hatására (n=4)

*A bioszén és a mikrobaszámok közötti összefüggések*

Az MPN módszerrel nyomon követett mikroba csoportok közül, az aerob-anaerob csíraszám aránya a kísérlet teljes időtartama alatt negatív korrelációban (-0,618\*\*) állt

## **Bioszén dózisok és bioeffektor baktériumoltás hatása homoktalajon tenyészedény kísérletben**

---

egymással (2. és 3. ábra). Ugyancsak negatív összefüggés adódott a második mintavételnél a gomba és a *Pseudomonas* sp. csíraszám között (-0,504\*\*) (4. és 5. ábra) is. Az aktív bioszén adszorbens képessége a talajbaktériumok kezdeti csíraszámát visszavetette. A gombáknál ez a hatás gyengébbnek adódott. A talaj mikro-gomba csíraszámával a paradicsom növényi biomasza tömege is a teljes kísérleti idő alatt negatívan korrelált (-0,491\*). Ez a bioeffektor kezelés hatásának is betudható (a korreláció szignifikáns \*\* $p < 0,01$ , \*  $p < 0,05$  szinten).

### **Következtetések**

A bioszén és bioeffektor (B+BE) kombinált bakteriális kezelések megváltoztatták a vizsgált talaj biológiai tulajdonságait. A mikrobiális enzimaktivitás vizsgálatánál, a kombinációk szinergista hatásúak. A bioszén mellé adott gyorsan szaporodó *Pseudomonas* bioeffektor baktérium kompetitív volt a talajban élő gomba populációval szemben. A tenyészedény kísérlet végére, a talajoltóanyag bioszénrel együtt adva pozitív változást okozott a növényi biomasza tömegben. Az eredmények alátámasztják azt a feltételezést, hogy a talajba oltott biokontroll típusú *Pseudomonas putida* hatására csökken a növénypatogén gombák előfordulása.

A kutatást a „Resource Preservation by Application of BIOeffECTORs in European Crop Production” FP7/2007-2013-312 117 és a „BIOCHAR, szilárd mikrobiológiai hordozó és EM előállításának felhasználási technológiájának kísérleti fejlesztése nagyüzemi szarvasmarhatartásnál a szerves trágyakezelésben és a talajminőség javításában” Piac-13-1-2013-0274 sz. projektek támogatták.

### **Irodalomjegyzék**

BIRÓ B., TOSCANO G., HORVÁTH N., MATICS H., DOMONKOS M., SCOTTI R., RAO A. M. & FREMCH H. K. (2014): Vertical and horizontal distributions of microbial abundances and enzymatic activities in propylene glycol affected soils. Environm. Sci. Pollut. Res. 21(15):9095-9108

BECZNER J., BIRÓ B., KORBÁSZ M. & JANKÓ Sz. (2004): A talaj mint a növényi eredetű élelmiszerek mikrobás szennyezettségének a forrása. Konzervújság 3:81-84.

COCHRAN W. G. (1950): Estimation of bacteria densities by means of the most probable number. Biometrics 6:105-116.

GROSSMAN, J. M., O' NEILL B.E, TSAI S. M., LIANG B., NEVES E., LEHMANN J. & THIES J. E. (2010): Amazonian anthrosols support similar microbial communities that differ distinctly from those extant in adjacent, unmodified soils of the same mineralogy. Microb. Ecol. 60:192-205.

KOCSIS T., WASS-MATICS H., KOTROCZÓ ZS. & BIRÓ B. (2015): A bioszén kedvező hatása a talaj pszichrofil- és mezofil csíraszámára. In: Proc. „A hulladékgazdálkodás legújabb fejlesztési lehetőségei” SZIE Záró-konferencia p. 63-69.

KOTROCZÓ ZS., KRAKOMPERGER ZS., VERES ZS., VASENSZKI T. L., HALÁSZ J., KONCZ G., PAPP M. & TÓTH J. A. (2009): Talajlégzés vizsgálatok tartamhatású avarmanipulációs modellkísérletben. Természetvéd. közl. 15:328-337.

KOTROCZÓ ZS., VERES ZS., BIRÓ B., TÓTH J. A. & FEKETE I. (2014): Influence of temperature and organic matter content on soil respiration in a deciduous oak forest. *Eur. J. Soil Sci.* 3:303-310.

LIANG B., LEHMANN J., SOHI S. P., THIES J. E., O'NEILL B., TRUJILLO L., GAUNT J., SOLOMON D., GROSSMAN J., NEVES E. G. & LUIZÃO F.J. (2010): Black carbon affects the cycling of non-black carbon in the soil. *Org. Geochem.* 41:206-213.

MATSUBARA Y. I., HASEGAWA N. & FUKUI H (2002): Incidence of *Fusarium* root rot in asparagus seedlings infected with AMF as affected by several soil amendments. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 71:370-374.

SZILI-KOVÁCS T, KÁTAI J & TAKÁCS T (2011): Mikrobiológiai indikátorok alkalmazása a talajminőség értékelésében. *Agrokém. Talajt.* 60:273-286.

THALMANN A. (1968): Dehydrogenase activity. In: Alef K. and Nannipieri P. (ed.) (1995): *Methods in applied soil microbiology and biochemistry.* Academic Press Ltd. p. 228-230.

TRESEDER K. K. & ALLEN M. F. (2002): Direct nitrogen and phosphorus limitation of arbuscular mycorrhizal fungi: a model and field test. *New Phytol.* 155:507-515.

VERES ZS., KOTROCZÓ ZS., FEKETE I., TÓTH J. A., LAJTHA K., TOWNSEND K. & TÓTHMÉRÉSZ B. (2015): Soil extracellular enzyme activities are sensitive indicators of detrital inputs and carbon availability. *Appl. Soil Ecol.* 92:18-23.



## Mikrobiális és humuszvizsgálatok egy trágyázási tartamkísérletben

Kökény Mónika<sup>1</sup>, Tóth Zoltán<sup>2</sup>, Csitári Gábor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>:Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Növényvédelmi Intézet

<sup>2</sup>:Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék

E-mail: [kmoni1231@gmail.com](mailto:kmoni1231@gmail.com), [gcsitari@gmail.com](mailto:gcsitari@gmail.com)

### Összefoglalás

Kutatásaink során azt vizsgáltuk, hogy a műtrágyázás és a szervesanyag kiegészítés változatok miként befolyásolják a talajban a mikrobiális biomassza mennyiségét, a fluorescein-diacetát (FDA) bontó enzimaktivitást, illetve a talaj szervesanyagainak mennyiségét és minőségét. Méréseinket az 1983-ban beállított keszthelyi IOSDV trágyázási tartamkísérlet kezeléseinek felhasználásával végeztük 32 év elteltével. A csak műtrágyázott kezelések (NPK) mellett két különböző szervesanyag kiegészítést alkalmaznak: műtrágya+istállótrágya (NPK+IST), műtrágya+szárleszántás +zöldtrágya (NPK+SZ+ZT). Eredményeink szerint az eltérő szervesanyag kiegészítések hatására a mikrobiális biomassza mennyisége, az FDA aktivitás, a talaj szervesanyag mennyisége és minősége is statisztikailag igazolhatóan eltéréseket mutatott. A különböző műtrágya N adagok viszont nem befolyásolták szignifikánsan egyik vizsgált talaj paramétert sem. A mikrobiális biomassza tömege és aktivitása szoros korrelációt mutatott az előző évben talajba került szervesanyag mennyiségével. Sem a szerves kiegészítések sem a műtrágyaadagok nem változtatták meg a talajban az aktív és passzív mikroorganizmusok arányát.

### Summary

The effects of mineral fertilization and organic amendments on soil microbial biomass, fluorescein diacetate (FDA) hydrolysing activity, quantity and quality of soil organic carbon were investigated. Measurement were carried out by using the treatments of a long-term fertilization experiment (IOSDV) in Keszthely, Hungary, after 32 years of the beginning of the IOSDV. In this experiment there was mineral fertilization (NPK), mineral fertilization+manure (NPK+IST) and mineral fertilization+straw incorporation+green manure (NPK+SZ+ZT). The effects of the organic amendments were significant on the microbial biomass, FDA hydrolysing activity, soil organic carbon quantity and quality. The different doses of N fertilization had no significant effects neither investigated soil parameters. Soil microbial biomass and its activity showed strong correlation with the amount of organic matter which get into the soil in the previous year. Neither the organic amendments nor the mineral fertilization did not change the ratio of active passive microorganisms in the soil.

### Bevezetés

A mikroorganizmusoknak szinte minden, a talajban végbemenő biológiai és kémiai folyamatban fontos szerepet játszanak. Szaporodásuk és anyagcsere-folyamataik

eredményeképpen mérhető változások következnek be a talajok szerkezetében és szervesanyag tartalmában, ami meghatározza a talajok termékenységét.

A mikrobák növekedését számos tényező befolyásolja a talajban, ilyenek pl. a rendelkezésre álló tápanyagok, növényzet, éghajlat, a talaj fizikai és kémia összetétele. Az eddigi kutatások eredményeként széles körben elfogadott, hogy a mikroorganizmusok növekedését legnagyobb mértékben a talajban található szerves szénvegyületek mennyisége korlátozza, de a víz és foszfor mennyisége is lehet limitáló (TRESSEDER, 2008, KALLENBACH & GRANDY 2011). A Föld különböző helyeiről származó talajmintákat vizsgálva globálisan több-kevésbé egyenes arányosság írható fel a talaj szervesanyag tartalma és a talajban élő mikrobiális biomassza tömege között (FIERER et al, 2009). A szerves szénvegyületek túlnyomó része a növények közreműködése révén kerül a talajba, így természetes körülmények között a növényzet mennyisége - pontosabban a föld feletti biomassza tömege - alapvetően befolyásolja a mikrobaközösség nagyságát (ZAK et al, 1994). A kutatási eredmények szerint a műtrágyázás többféle úton fejtheti ki negatív vagy pozitív hatását a talaj mikrobaközösségére (PEACOCK et al., 2001, TRESSEDER, 2008, LUO et al., 2015). A pozitív hatások közé elsősorban a műtrágyázással elért nagyobb növényi biomasszatömeg tartozik.

Mezőgazdasági talajainkban a mikrobiális szén mennyisége  $0,1-1,0 \text{ g kg}^{-1}$  között van és rendszerint az összes szerves szén 1-3%-át teszi ki (SZILI-KOVÁCS & TÓTH, 2006). Szervesanyag természetes körülmények között a növényekből jut a talajba, a szántóföldön ehhez még hozzáadódhat a különböző eredetű szerves trágyákban és kiegészítésekben található szerves szén. A mezőgazdasági művelés a tapasztalatok szerint csökkenti a talajok szervesanyag tartalmát. A szervesanyag csökkenés visszafordításához, a hosszútávon is fenntartható gazdálkodáshoz szükség van a szervesanyagok és mikroorganizmusok közötti kölcsönhatások megismerésére és az ismeretek gyakorlati alkalmazására.

A talajban lezajló folyamatok vizsgálatára számos lehetőség van, az egyik legfontosabbat a hosszútávú trágyázási tartamkísérletek jelentik (RICHTER et al., 2007). Más tartamhatású kísérletek is jól használhatóak, mint pl. Magyarországon a Síkfőkút DIRT Projecten belüli kísérletek (KOTROCZÓ et al., 2014). STEINER (1995) szerint a tartamkísérletek hasznosításának fő akadálya az input adatok hiánya. Ez a megállapítás az általunk használt tartamkísérletre is érvényes. Pontos mérési adatokkal nem rendelkezünk a talajba került szerves szén mennyiségéről (szervestrágya, leszántott növényi anyag, gyökérszövet, rizodepozit szerves szén tartalma). Emiatt becsléseket használtunk, amelyek részletesen az Anyag és módszer fejezetben vannak leírva. Becslési eljárásokat a tartamkísérletek adatainak értékelésére a szakirodalomban is találunk (BAYER et al., 2006, JOHNSON et al., 2006, HEITKAMP et al., 2009). A gyökerekből jelentős mennyiségű szervesanyag jut a talajba, de ennek a mennyiségnek a közvetlen meghatározása nehezen megoldható. Tartamkísérleteken alapuló, közvetett mérésre Magyarországon is végeznek kísérleteket (VARGA et al., 2008). A szakirodalomban számos értéket találunk a rizodepozit mennyiségére vonatkozóan. MOLINA et al., (2011) szerint ez a szerves szén mennyiség 2,5-6-szorosa is lehet a gyökér szerves szén tartalmának, más összehasonlítással a kukorica esetén a rizodepozit szén a nettó fixált szerves szén 24%-át is elérheti. A rizodepozitban elsősorban könnyen bontható szerves vegyületek, szénhidrátok és aminosavak találhatóak.

A talajokban élő mikrobaközösségeket mennyiségük, aktivitásuk és diverzitásuk mérésével is lehet jellemezni. Kutatásaink során a talaj mikrobiális biomassza tömegét és

aktivitását mértük. A mikroorganizmusok mennyiségi meghatározására a kloroform fumigációs módszerek a legelterjedtebbek és legelfogadottabbak napjainkban. Kifejlesztésük JENKINSON (1966) és munkatársai nevéhez fűződik. Az ő közleményeik megjelenése óta számos kutató írt le új változatot vagy módosította a meglévő módszert (SZILI-KOVÁCS és TÓTH, 2006). A kiterjedt vizsgálatoknak köszönhetően a kloroform fumigációs módszer hibái és előnyei ismertek, a mérési eredmények megbízhatóan összehasonlíthatók. A fluoreszcein észterek használhatóságát először KRAMER & GUILBAULT (1963) írták le a lipáz enzimek aktivitásának mérésében. SWISHER & CARROLL (1980) demonstrálták, hogy a fluoreszcein diacetát (FDA) hidrolizisából származó fluoreszcein mennyisége közvetlenül arányos a mikrobaközösség nagyságával és mérésére használható laboratóriumi eljárást írtak le. Az FDA hidrolizisra való képesség széleskörűen elterjedt a mikroorganizmusok körében, ez lehetővé teszi használatát a mikrobaközösségek aktivitásának jellemzésére. A FDA aktivitás mérés előnye, hogy egyszerű, gyors és érzékeny eljárás. A módszer külföldi elismertsége mellett egyre jobban terjed a hazai gyakorlatban a mikrobiológiai aktivitás jellemzésére (VILLÁNYI et al., 2006; SZILI-KOVÁCS et al., 2009).

A talaj szervesanyag, humusz mennyisége mellett annak minősége is fontos tényező. Míg azonban a mennyiség mérésére általánosan elfogadott módszerek vannak, a humuszminőség mérésére sokféle módszer van. Ezek az eljárások alapulhatnak kémiai frakcionáláson, elméleti modelleken (aktív és passzív humusz frakciók) vagy különböző fizikai méréseken (látható, UV vagy IR spektroszkópia). Az egyik leggyakrabban használt egyszerű optikai módszer az E4/E6 módszer. A kivont humuszanyag fényelnyelését két hullámhosszon mérik és a két érték hányadosa alapján következtetnek a humuszanyagok "érettségére". A nagyobb arány (7-8 vagy magasabb) utal a fulvosavakra vagy a kis molekulású huminsavakra, a 3-5 (vagy alacsonyabb) arány a huminsavakra vagy más nagy molekulatömegű anyagokra (KONONOVA, 1966, SCHNITZER & KAHN, 1989, KIM 2003, ENEV et al., 2014). A humusz minősége függ a trágyázástól, talajba jutó szervesanyagok mennyiségétől és minőségétől (SONG et al., 2014), a műveléstől (ARANDA et al., 2011), talajtípustól és éghajlattól.

Kutatási munkánk célkitűzés volt (i). a korábban említett globális összefüggés (szervesanyag tartalom - mikrobiális biomassza korreláció alkalmazhatóságát igazolni vagy elvetni; (ii). vizsgálni a műtrágyázás hatását a talaj szervesanyagaira, a mikroorganizmusainak mennyiségére és aktivitására; (iii). vizsgálni a szervesanyag kiegészítés és a talajba más forrásból bekerülő szerves szén hatását a talaj mikroorganizmusainak mennyiségére és aktivitására.

Kérdéseink megválaszolásához a Keszthely mellett 1983-ban beállított IOSDV (Nemzetközi szerves- és nitrogéntrágyázási tartamkísérlet) jelű kéttényezős sávos elrendezésű gabonás vetésforgó tartamkísérlet különböző kezeléseinek talajait használtuk.

### Anyag és módszer

Az IOSDV (Internationale Organische Stickstoff-dauerdüngungsversuch, nemzetközi szerves- és nitrogéntrágyázási tartamkísérlet) kísérleti terület talajtípusa homokos löszön kialakult Ramann-féle barna erdőtalaj, a WRB-féle osztályozás alapján Eutric Cambisol; fizikai félesége homokos vályog, az Arany-féle kötöttségi szám értéke 36-37. A kísérleti terület talaja humuszban és foszforban gyengén, káliummal közepesen ellátott. Átlagosan a humusztartalom 1,6-1,7%, az ammóniumlaktát oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom 60-80 mg kg<sup>-1</sup>, a

K<sub>2</sub>O tartalom 140-160 mg kg<sup>-1</sup>, pH<sub>KCl</sub> 6,8-7,0. Az évente átlagosan lehullott csapadék mennyisége: 683 mm (1901-2000 között), az átlagos évi középhőmérséklet: 10,5 °C.

Az IOSDV jelű kéttényezős sávos elrendezésű gabonás vetésforgó tartamkísérlet növényi sorrendje: kukorica - őszi búza – őszi árpa; ismétléseinek száma: 3. Parcelláinak bruttó mérete: 48 m<sup>2</sup>. A kísérlet tényezői között a növekvő N műtrágya adagok és a kiegészítésként kijuttatott különböző szerves trágyák szerepelnek. A műtrágyázást tekintve minden kísérleti parcella (a N kontroll is) egységesen 100 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és K<sub>2</sub>O hatóanyag tartalmú alapműtrágyázásban részesül, míg a N kijuttatása a vetésforgóban szereplő növényektől függően 5 egyenlően növekvő adagban történik (N<sub>0</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub>). A N hatóanyag adagok kukorica esetében: 0-70-140-210-280 kg ha<sup>-1</sup>, búza esetében: 0-50-50+50-50+50-100+50+50 kg ha<sup>-1</sup>. A műtrágya (NPK) önmagában történő kijuttatása (szervestrágya kiegészítés nélküli kontroll) mellett műtrágya+istállótrágya (NPK+IST) és műtrágya+szármaradvány+zöldtrágya (NPK+SZ+ZT) változatok szerepelnek. Az istállótrágyás kezelésekben az istállótrágya kijuttatása 35 t ha<sup>-1</sup> adagban a rotáció során (három évenként) egy alkalommal a kukorica előtt történik. A szármaradványok visszapótlása esetében minden 1 t szármaradványra számítva 10 kg N hatóanyag kiegészítés is történik hektáronként. A szármaradvány visszapótlási változatokban a rotáció során egy alkalommal az őszi árpa tarlójába vetett másodvetésű olajretek zöldtrágya növény (*Raphanus sativus* var. *Oleiformis*) alászántása is megtörténik (KISMÁNYOKY & BALÁZS, 1996). Az istállótrágya kijuttatása 2014. novemberében, az őszi mélyszántáskor történt. A kísérleti területen termesztett búzafajta a *Triticum aestivum* var. *Mulan*, nagy termőképességű malmi búza, kiválóan adaptálódik a változó termőhelyi viszonyokhoz (saaten-union.hu).

Talajmintákat 2015. április 30-án a Zadoks (1974) féle fenológiai kódrendszer alapján a búza 37-es (a zászlólevelél éppen látható) állapotában, enyhén nedves állapotban és 2015. október 27-én az őszi árpa vetése előtt alacsony nedvességtartalmú állapotban vettük. A mintavétel után a talajokat teljesen le nem zárt nylon zacskókban, hűtőszekrényben tároltuk 4-6 hétig.

A mikrobiális biomasza mérését VANCE et al. (1987) leírása alapján végeztük. Röviden: A talajmintákat kettéosztottuk, egyik részt fumigáltuk kloroformmal 24 órán keresztül vákuum exsikkátorban, a másik részt nem. A szerves szén 0,5 M kálium-szulfát oldattal extraháltuk ki és kénsavas kálium-dikromátos roncsolás után a fumigált és fumigálatlan mintákban egyaránt megmértük. A különbségekből a mikrobiális biomasza széntartalma egy korrekciós faktorról (k<sub>EC</sub>) meghatározható. A különböző talajok vizsgálata alapján VANCE et al. (1987) által javasolt érték (k<sub>EC</sub>= 0,38) széleskörűen elfogadott.

A fluoreszcein diacetát (FDA) bontó aktivitás méréseket ALEF és NANNIPIERI (1998) módszere szerint végeztük. Röviden: a természetes nedvességtartalmú talajból mintánként 1g-ot mértünk be, 20 ml 7,6 pH értékű tri-nátrium foszfát puffert hozzáadtunk, majd 10 µg FDA/ml végkoncentrációra állítottuk be FDA-oldattal. A talaj szuszpenziót egy órán keresztül ráztuk szobahőmérsékleten (23 °C) 120 rpm-n. Az enzimreakciót 20 ml acetone hozzáadásával állítottuk le, úgy hogy az acetone végkoncentrációja 50% (v/v) legyen. A mintákat 12 percig centrifugáltuk 4000 rpm-n, majd a tiszta felülúszó fényelnyelését 490 nm-en mértük (Hitachi U-1100 spektrofotométer).

A humuszminőség mérésére az E4/E6 módszert használtuk (KONONOVA, 1966, SCHNITZER & KAHN, 1989). A talajból 0,5 %-os NaOH oldattal kioldottuk a humuszanyagokat, majd 465 és 665 nm hullámhosszánál mértük a NaOH-os

## Mikrobiális és humuszvizsgálatok egy trágyázási tartamkísérletben

---

humuszkivonatok fényelnyelését (Hitachi U-1100 spektrofotométer). A két fényelnyelés hányadosa az E4/E6 érték. A talaj humusztartalom meghatározás az MSZ 08-0452:1980: "Szervesanyag-tartalom meghatározás talajban" szabvány szerint történt. A káliumos-bikromátos kénsavas oxidációval a talajok összes szervesanyag-tartalma határozható meg, és abból számítható 1,724 szorzófaktorral a talaj humusztartalma. A méréseket 2013-ban végezték az általunk vizsgált kísérleti terület talajmintáiból, újabb mérések azóta nem történtek, vizsgálatunk során ezért ezeket az adatokat használtuk.

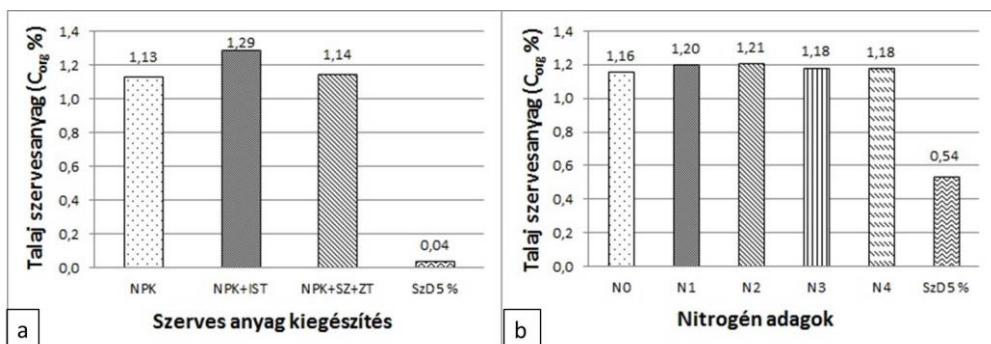
A kísérlet fenntartó szóbeli közlése szerint 35 t közepes minőségű istállótrágyát juttattak ki 2014 novemberében. 10 t közepes minőségű istállótrágyában 35 kg N van, 20-25 közötti C/N aránnyal. Becslésünkben 22,5 C/N aránnyal számoltunk, ami 2756,25 kg szerves szénen jelent 35 t istállótrágyában (ANTAL 2005). A kukoricaszár széntartalom számításnál 41%-al számoltunk (COLLINS et al, 1997), a gyökér szerves szén tartalmát ennek 30%-ával becsültük (BAYER et al, 2006).

A gyökerekből a talajba jutó szervesanyagok (rizodepozit) mennyiségével nem számoltunk, amikor a 2014-ben talajba került szervesanyagok mennyiségét becsültük. Elsősorban azért, mert a 2014-ben talajba került szervesanyag következő évi hatásait vizsgáltuk, és a rizodepozitként kijutott szervesanyag gyorsan lebomlik. A rizodepozitot nem mérték a tartamkísérletben, mennyiségét a 2015. évben sem számítottuk a nagyon eltérő irodalmi adatok miatt. Azonban a rizodepozit korrelációk vizsgálatához elég a növényi termés vizsgálata (kísérletünkben a búza szemtermés), mivel ezzel egyenesen arányos a rizodepozit mennyisége. Ezt az arányosságot feltételeztük korrelációs számításunknál és ezt feltételezik az egyszerűbb modellekben is, bár ismertek közlemények, amelyek a rizodepozit és gyökérzet mennyiségének és arányának változását írják le műtrágyakezelés hatására (ALLMARAS et al, 2004).

A mérési eredményeket SPSS Student Version 15.0 statisztikai programmal, valamint Microsoft Office Excel programmal értékeltük ki, varianciaanalízist, Duncan tesztet és korrelációanalízist használva.

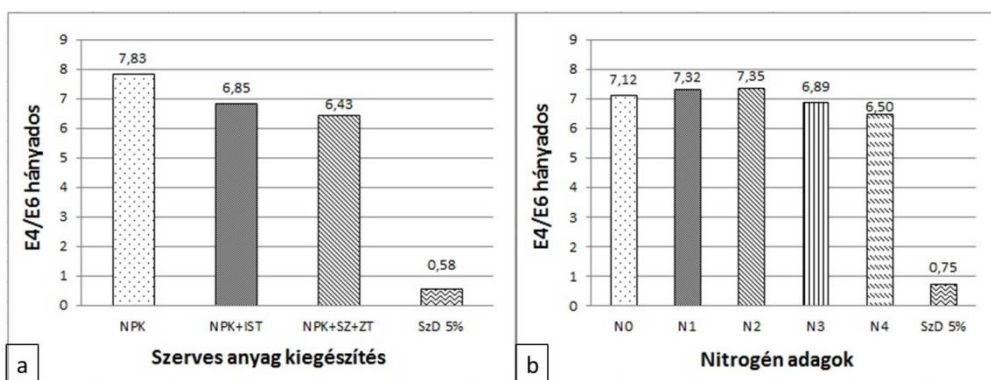
### Eredmények

A trágyázási tartamkísérlet összes kezelésének statisztikai értékelése alapján a szervesanyag kiegészítés szignifikáns hatással volt a talaj szervesanyag tartalmára. A szervesanyag kiegészítést kapott kezelések talajában az átlag 1,29%, ami a Duncan teszt szerint szignifikánsan magasabb a kiegészítést nem kapott (1,13%) vagy alászántott kezelések (1,14%) átlagánál (1. a. ábra). A műtrágya adagnak nem volt szignifikáns hatása a szervesanyag mennyiségére. Tendencia-szerűen látszik, hogy a műtrágyát nem kapott kezelés (N0) átlagánál (1,16%) a nagy műtrágyaadagok (N3, N4) átlaga (1,18 és 1,18%) és a kisebb műtrágyaadagú kezelések (N1 és N2) átlaga is magasabb (1,20 és 1,21 %) (1. b. ábra). A szerves kiegészítés és műtrágyaadag tényezők kölcsönhatásnak nem volt szignifikáns hatása talaj szerves anyagainak mennyiségére.



1. ábra: A különböző szerves trágya kiegészítési módok (a) és nitrogén adagok (b) hatása a szervesanyag tartalomra ( $C_{org}$ ).

Az E4/E6 módszerrel a humuszanyagok minőségét, érettségét lehet jellemezni. Mérési adataink statisztikai értékelése szerint a szerves kiegészítés szignifikánsan befolyásolta az E4/E6 hányadost. A csak műtrágyát (szerves kiegészítést nem) kapott kezelésekben az átlag értéke 7,8, ami a Duncan teszt szerint szignifikánsan különbözik a szervestrágya (6,8) és alászántott kiegészítés (6,4) átlagértékeitől (2.a. ábra). Utóbbi kettő átlagérték szignifikánsan nem különbözik. A szervestrágya kiegészítés növelte a talajban a szervesanyag mennyiségét és javította a humusz minőségét (az alacsonyabb E4/E6 érték felel meg a jobb humuszminőségnek). A műtrágya adagnak nem volt szignifikáns hatása az E4/E6 hányadosra. Tendenciaszerűen látszik, hogy a műtrágyát nem kapott kezelés (N0) E4/E6 hányadosánál (7,1) a nagy műtrágyaadagok (N3, N4) E4/E6 hányadosa alacsonyabb (6,9 és 6,5), a kisebb műtrágyaadagú kezelések (N1 és N2) E4/E6 hányadosa magasabb (7,3 és 7,3) (2.b. ábra). A szerves kiegészítés és műtrágyaadag tényezők kölcsönhatásnak nem volt szignifikáns hatása a humuszminőségre.

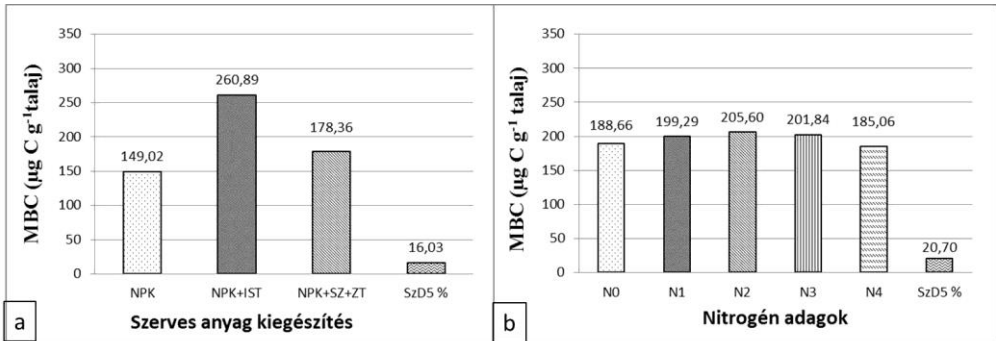


2. ábra: Különböző szerves trágya kiegészítési (a) módok és nitrogén adagok (b) hatása a humuszminőségre (E4/E6).

A szervesanyag kiegészítés szignifikáns hatással volt a mikrobiális biomassza tömegre. A szervestrágya kiegészítést kapott kezelések talajában a 2015. évi átlag  $261 \mu\text{C g}^{-1}$  talaj, ami magasabb az alászántott kezelések ( $178 \mu\text{C g}^{-1}$  talaj) és a szerves kiegészítést nem kapott ( $149 \mu\text{C g}^{-1}$  talaj) kezelések átlagánál (3.a. ábra). Az átlagok a Duncan teszt szerint

## Mikrobiális és humuszvizsgálatok egy trágyázási tartamkísérletben

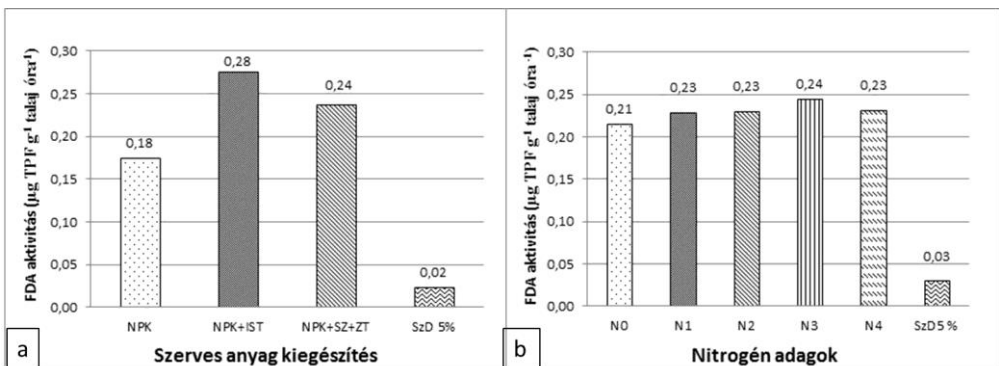
szignifikánsan különböztek egymástól. A műtrágya adagnak nem volt szignifikáns hatása a szervesanyag mennyiségére. A mikrobiális biomasszatömeg kezelésenkénti (N0 - N4) átlagértékei 185 és 206  $\mu\text{g C g}^{-1}$  talaj között változtak (3.b. ábra). A szerves kiegészítés és műtrágyaadag tényezők kölcsönhatásnak nem volt szignifikáns hatása talaj mikroorganizmusainak mennyiségére.



**3. ábra: A különböző szerves trágya kiegészítési módok (a) és nitrogén adagok (b) hatása a mikrobiális biomassza tömegére (MBC).**

A mikrobiális szén aránya a talaj összes szerves szénéhez ( $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  arány) szignifikánsan függött a szerves kiegészítéstől: legmagasabb a szervesztrágya kiegészítésnél (2,36%) volt, legkisebb a kiegészítést nem kapott kezelésekben (1,37%). A műtrágyaadagnak és a szerves kiegészítés–műtrágyaadag kölcsönhatásnak nem volt szignifikáns hatása a  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  arányra.

A mikroszervezetek FDA aktivitását statisztikailag is igazolhatóan befolyásolták a kísérletben alkalmazott szerves kiegészítések. A legmagasabb aktivitás az istállótrágyát kapott parcellákon volt (4.a. ábra). Az FDA aktivitás ott 14 %-kal magasabb volt, mint a szárleszántást és a zöldtrágya növényt alkalmazó, és 36 %-kal a csak műtrágyázott kezelésekben. A műtrágya adagnak és a szerves kiegészítés és műtrágyaadag tényezők kölcsönhatásnak nem volt szignifikáns hatása az FDA bontó aktivitásra (4.b. ábra).



**4. ábra: A különböző szerves trágya kiegészítési módok (a) és nitrogén adagok (b) hatása az FDA bontó enzimaktivitásra.**

A mikroorganizmusok fajlagos FDA aktivitását (FDA aktivitás osztva a mikrobiális biomasszatömeggel) nem befolyásolta sem a szerves kiegészítés, sem a műtrágyakezelés sem a két tényező kölcsönhatása.

A korrelációanalízis eredményei alapján szignifikáns kapcsolat van a mikrobiális biomassza mennyisége és a talaj szervesanyag tartalma között. A szervesanyagok mennyisége mellett vizsgáltuk minőségük kapcsolatát is a mikrobiális biomasszatömeggel, szignifikáns korrelációt nem találtunk (1. táblázat). Tendenciaszerűen negatív a korreláció a két változó között, ami azt jelenti, hogy az alacsonyabb E4/E6 értékekhez (komplex, nagy molekulatömegű huminsavak jelenléte) nagyobb mikrobiális biomasszatömeg tartozik. A mikrobiális biomasszatömeg az előző évben talajba jutott szerves szén mennyiségével is korrelált.

**1. táblázat: A talaj szervesanyag tartalom 2013 évben (talaj C<sub>org</sub>), minőség 2014 évben (E4/E5), mikrobiális biomasszatömeg átlag 2015 évben (MBC), aktivitás 2014 ősz (FDA), a 2014-ben talajba került szerves szén mennyisége (inputC 2014) és a 2015-ben talajba került rizodepozit (rizC 2015) közötti korrelációk. (Zárójelben a szignifikancia mértéke.)**

	talaj C <sub>org</sub>	E4/E6	MBC	FDA	inputC 2014	rizC 2015
talaj C <sub>org</sub>	1	-0,014 (0,929)	0,654 (0,000)	0,267 (0,077)	0,400 (0,006)	0,404 (0,006)
E4/E6	-0,014 (0,929)	1	-0,227 (0,133)	-0,332 (0,026)	-0,458 (0,002)	0,136 (0,374)
MBC	0,654 (0,000)	-0,227 (0,133)	1	0,543 (0,000)	0,408 (0,005)	0,243 (0,108)
FDA	0,267 (0,077)	-0,332 (0,026)	0,543 (0,000)	1	0,560 (0,000)	0,192 (0,205)
inputC 2104	0,400 (0,006)	-0,458 (0,002)	0,408 (0,005)	0,560 (0,000)	1	0,384 (0,009)
rizC 2015	0,404 (0,006)	0,136 (0,374)	0,243 (0,108)	0,192 (0,205)	0,384 (0,009)	1

A mikroorganizmusok aktivitása, amelyet FDA módszerrel mértünk, korrelált a mikroorganizmusok tömegével, a talaj szervesanyag tartalmával és az előző évben a talajba került szervesanyagok mennyiségével. Negatív korrelációt kaptunk az FDA



## Mikrobiális és humuszvizsgálatok egy trágyázási tartamkísérletben

---

aktivitás és az E4/E5 érték között, ami azt jelenti, hogy a humuszminőség romlásával csökken az FDA aktivitás (1. táblázat).

### Eredmények értékelése

A tartamkísérlet beállításakor, 1983-ban a talaj humusztartalma 1,6-1,7% (szervesanyag tartalma 0,93-0,99%) volt. Méréseink szerint a műtrágyát és szerves kiegészítést sem kapott kezelés talaja szervesanyag tartalma is 1,09%, tehát nem csökkent. A terület a tartamkísérlet beállítása előtt is mezőgazdasági művelés alatt állt (KISMÁNYOKY T. szóbeli közlés), ezért nem tapasztalható az először művelésbe vont talajokra jellemző szervesanyag csökkenés. A szervestrágyázás növelte a szervesanyag mennyiségét, minőségét azonban csökkentette. Ezek az eredmények hasonlóak SONG és mtsai. 2014-ben közölt eredményeihez. Kísérleti területünkön 1983-ban nem volt humuszminőség mérés, így ahhoz nem tudunk viszonyítani. A csökkenés a szerves kiegészítést nem kapott kezeléshez hasonlítva szignifikáns mértékű. A humuszminőség csökkenése alátámasztja, hogy a kezelt talajokban új, kevésbé polimerizált humuszanyagok képződtek.

A mikrobiális biomasszatömeg szorosan korrelált a talaj szervesanyag tartalmával. Ez az eredmény egyezik a globális talaj szervesanyag és mikrobiális biomassza értékek kapcsolatát feldolgozó közlemények eredményeivel. Kísérletünkben a talaj szervesanyag tartalom szűk tartományban 1,12 és 1,28% között változott. A kimutatható korrelációnak a mikrobiális biomasszát befolyásoló többi tényező (éghajlat, növényzet, művelés) azonossága lehet az oka. A mikroorganizmusok mennyisége a várttal szemben nem korrelált a humuszminőséggel, pedig az elméleti megfontolások alapján a rosszabb minőségű, kisebb polimerizáltsági fokú szervesanyag könnyebben hasznosítható szénforrás a mikrobák számára. Az előző évben talajba jutott szervesanyag mennyiségével mutatott szoros korreláció a talajban található szervesanyag minőségével szemben a talajba bekerült szervesanyag mennyiségének meghatározó szerepét támasztja alá. Ez a szervesanyag mennyiség rövidtávon (következő év, évek) meghatározza a mikrobiális biomassza mennyiségét, hosszútávon pedig a talaj szervesanyag, humusz mennyiségét is.

A mikrobiális biomasszatömeg és aktivitás értékek nem korreláltak a növényi terméseredményekkel. Ez eltér ZAK és mtsai. (1994) a globális adatok értékelése alapján kapott eredményeitől: ők kimutattak korrelációt a föld feletti biomasszatömeg és a talajban élő mikroorganizmusok tömege között. A növényi termés arányos a biomasszatömeggel, az pedig a gyökérből a talajba jutó szervesanyagok (rizodepozit) mennyiségével. A növények gyökerein keresztül nagy mennyiségű, könnyen lebontható szervesanyag kerül a talajba. A korreláció hiánya ezért közvetve azt jelenti, hogy a mikrobák mennyisége nem függ kimutathatóan a növényi rizodepozit mennyiségétől. A megállapítást gyengíti, hogy a növényi gyökerekből kijutó szervesanyag aránya függhet a növény tápanyag, elsősorban nitrogén ellátottságától.

A mikroorganizmusok aktivitása, amelyet FDA módszerrel mértünk, korrelált a mikroorganizmusok tömegével. Ez azt mutatja, hogy a metabolikusan aktív és passzív (nyugvó állapotban, kitartóképletben levő) mikroorganizmusok aránya kimutathatóan nem változott a kezelése során. Ezt alátámasztja, hogy a fajlagos FDA aktivitás sem mutatott kezeléshatást, tehát sem a szerves kiegészítés sem a műtrágyakezelés nem változtatta meg az aktív mikroorganizmusok arányát a talaj mikrobaközösségén belül.

### Következtetések

Kutatásink során talaj tulajdonságok (talaj szervesanyag tartalom és minőség, mikrobiális biomaszatömeg és aktivitás, terméseredmények) mérésével és becsült értékekkel (talajba kerülő szerves szén, rizodepozit) vizsgáltuk a műtrágyázás és szerves kiegészítés hatását a talajban zajló mikrobiális folyamatokra. Ezen mikrobiális folyamatok eredménye a szervesanyag mennyiségének növekedése vagy csökkenése a talajban. Megállapítottuk, hogy az adott (hagyományos szántásos) művelés mellett még a szervestrágya kiegészítést nem kapott műtrágyakezelések talajaiban is nőtt a szervesanyag mennyisége, és a talajban nem változott a kezelések hatására az aktív/passzív mikroorganizmusok aránya.

### Irodalomjegyzék

- ALEF, K. & NANNIPIERI, P. (eds.) (1998): *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press Limited, London. p. 232-233.
- ANTAL, J. (szerk.) (2005): *Növénytermesztés tan I.* p. 46. Mezőgazda Kiadó.
- ARANDA, V., AYORA-CAÑADA, M. J., DOMÍNGUEZ-VIDAL, A., MARTÍN-GARCÍA, J.M, CALERO, J., DELGADO, R., VERDEJO, T., GONZÁLEZ-VILA, F.J. (2011): Effect of soil type and management (organic vs. conventional) on soil organic matter quality in olive groves in a semi-arid environment in Sierra Mágina Natural Park (S Spain). *Geoderma* 164, p. 54–63.
- BAYER, C., LOVATO, T., DIECKOWC, J., ZANATTA, J.A., MIELNICZUK, J. (2006): A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. *Soil & Tillage Research* 91, p. 217–226.
- ENEV, V., POSPILOVA, L., KLUCAKOVA, M., LIPTAJ, T., DOSKOCIL, L. (2014): Spectral characterization of selected humic substances. *Soil & Water Research* 9 (1), p. 9–17.
- FIERER, N., STICKLAND, M.S., LIPTZIN, D., BRADFORD, M.A., CLEVELAND, C.C. (2009): Global patterns in belowground communities. *Ecology Letters* 12, p. 1238–1249.
- HEITKAMP, F., RAUPP J., LUDWIG, B. (2009): Impact of fertilizer type and rate on carbon and nitrogen pools in a sandy Cambisol. *Plant and Soil* 319, p. 259–275
- JENKINSON, D. S. (1966): Studies on the decomposition of plant material in soil. II. Partial sterilization of soil and the soil biomass. *Journal of Soil Science*. 17, p. 280–302.
- JOHNSON, J.M-F., ALLMARAS, R. R. AND REICOSKY, D.C. (2006): Estimating source carbon from crop residues, roots and rhizodeposits using the national grain-yield database. *Agronomy Journal* 98, p. 622-636.
- KALLENBACH, C. & GRANDY, A. S. (2011): Controls over soil microbial biomass responses to carbon amendments in agricultural systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 144, p. 241-252.
- KIM, H. T. (2003): *Humic matter in soil and the environment*. Marcel Dekker Inc. New York, USA, p. 194-196.
- KISMÁNYOKY, T. & BALÁZS, J. (1996): Keszthelyi tartamkísérletek. *Pannon Agrártudományi Egyetem, Keszthely*. p. 37-41.

## Mikrobiális és humuszvizsgálatok egy trágyázási tartamkísérletben

---

- KONONOVA, M. M. (1966): Soil organic matter. Pergamon Press Ltd, Oxford, p. 544.
- KOTROCZÓ, ZS., VERES, ZS., FEKETE, I., KRAKOMPERGER, ZS., TÓTH, J.A., LAJTHA, K., TÓTHMÉRÉSZ, B. (2014): Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. *Soil Biology and Biochemistry* 70, p. 237-243.
- KRAMER, D. N. & GUILBAULT, G. G. (1963): A substrate for the fluorimetric determination of lipase activity. *Analytical Chemistry* 35, p. 588-589.
- LUO, P., HAN, X., WANG, Y., HAN, M., SHI, H., LIU, N., BAI, H. (2015): Influence of long-term fertilization on soil microbial biomass, dehydrogenase activity, and bacterial and fungal community structure in a brown soil of northeast China. *Annals of Microbiology* 65, p. 533-542.
- MOLINA, J.A.E., CLAPP, C. E., LINDEN, D.R., ALLMARAS, R. R., LAYESE, M. F., DOWDY, R. H., CHENG, H. H. (2001): Modeling incorporation of corn (*Zea mays* L.) carbon from roots and rhizodeposition into soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry* 33, p. 83-92.
- MSZ 08-0452:1980. Szervesanyag tartalom meghatározás talajban.
- PEACOCK, A. D., MULLEN, M. D., RINGELBERG, D. B., TYLER, D. D., HEDRICK, D. B., GALE, P. M., WHITE, D. C. (2001): Soil microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate applications. *Soil Biology and Biochemistry* 33, p. 1011-1019.
- RICHTER, D., HOFMOCKEL, M., CALLAHAM MAC, A., POWLSON, D. S., SMITH, P. (2007): Long-Term Soil Experiments: Keys to Managing Earth's Rapidly Changing Ecosystems. *Soil Science Society of America Journal* 71, p. 266-279.
- SCHNITZER, M. & KHAN, S. U. (eds.) (1989): Soil organic matter. Elsevier Science Publishers B.V., Netherlands, pp. 11-13.
- SONG, X, LIU, S., LIU, Q., ZHANG, W., HU, C. (2014): Carbon Sequestration in Soil Humic Substances Under Long-Term Fertilization in a Wheat-Maize System from North China. *Journal of Integrative Agriculture*, 13 (3), p. 562-569.
- STEINER, R. (1995): Long-term experiments and their choice for the research study. In: Barnett V, Payne R, Steiner R (eds) *Agricultural sustainability-Economic, environmental and statistical considerations*. John Wiley & Sons, Chichester, p 15-21.
- SWISHER, R. & CARROLL, G. C. (1980): Fluorescein diacetate hydrolysis as an estimator of microbial biomass on coniferous needle surfaces. *Microbial Ecology* 6, p. 217-226.
- SZILI-KOVÁCS, T. & TÓTH J. A. (2006): A talaj mikrobiális biomassza meghatározása kloroform fumigációs módszerrel. *Agrokémia és Talajtan*, 55 (2), p. 515-530.
- SZILI-KOVÁCS, T., ZSUPOSNÉ, O.Á., KÁTAI, J., VILLÁNYI, I., TAKÁCS, T. (2009): Talajbiológiai és talajkémiai változók közötti összefüggések néhány tartamkísérlet talajában. *Agrokémia és Talajtan* 58, p. 309-324.
- TRESEDER, K.K. (2008): Nitrogen additions and microbial biomass: a meta-analysis of ecosystem studies. *Ecology Letters* 11, p. 1111-1120
- VANCE, E. D., BROOKES, P.C., JENKINSON, D.S. (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19 (6), p. 703-707.

VARGA, CS., FEKETE, I., KOTROCZÓ, ZS., KRAKOMPERGER, ZS., VINCZE, GY. (2008): The Effect of litter on soil organic matter (SOM) turnover in Síkfőkút site. *Cereal Research Communications* 36, p. 547-550.

VILLÁNYI I., FÜZY A., ANGERER I., BIRÓ B. (2006): Total catabolic enzyme activity of microbial communities. Fluorescein diacetate analysis (FDA). In: Jones, D. L. (ed.): *Understanding and modelling plant-soil interactions in the rhizosphere environment. Handbook of methods used in rhizosphere research.* Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf. p. 441–442.

ZAK, D.R., TILMAN, D. PARMENTER, R. R. & RICE, C. W. (1994): Plant production and soil microorganisms in late-successional ecosystems: A continental scale study. *Ecology* 75 (8), p. 2333-2347.

### Hosszú távú szerves anyag manipuláció hatása a talaj biológiai aktivitására

*Kotroczó Zsolt<sup>1</sup>, Biró Borbála<sup>1</sup>, Kocsis Tamás<sup>1</sup>, Veres Zsuzsa<sup>2</sup>, Tóth János Attila<sup>2</sup>,  
Fekete István<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, Talajtan és Vizgazdálkodás Tanszék, Budapest, Villányi út 29-43. 1118; <sup>2</sup>Debreceni Egyetem, Ökológia Tanszék, Debrecen, Egyetem tér 1. 4032;

<sup>3</sup>Nyíregyházi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Nyíregyháza, Sóstói út 31/b. 4400;  
E-mail: [kotroczo.zsolt@gmail.com](mailto:kotroczo.zsolt@gmail.com)

#### Összefoglalás

A talajenzimek fontos szerepet játszanak a tápanyagok mineralizációjában, a szerves anyagok lebontásának katalizálásában. Aktivitásuk jó indikátora a szervesanyag-tartalom változásának, mivel információt nyújt a mikrobiológiai állapotról és a talaj fizikai-kémiai körülményeiről. Egy mérsékelt övi lombhullató tölgyerdőben vizsgáltuk a talaj biológiai aktivitását avar-manipulációs kísérletekben. A Síkfőkút DIRT Project (Detritus Input and Removal Treatments) magában foglal talaj feletti és alatti szerves anyag megvonásos és szerves anyag duplázásos kezeléseket. A 15 éves folyamatos avar-manipulációs kezeléseknél azt tanulmányoztuk, hogy hogyan befolyásolja a megváltoztatott szerves anyag tartalom a talajban az enzimek működőképességét. Feltételeztük, hogy a megnövelt avar input hatására megnövekszik a talajban a dehidrogenáz enzim aktivitása, az avarmegvonás hatására pedig csökken ez az érték. Eredményeink alátámasztották a feltételezésünket. Az avar termelés csökkenésével a talaj dehidrogenáz aktivitása, ami megbízható mutatója a talaj mikrobiális aktivitásának, szintén csökkent. Az előbbiekkal ellentétben, az avartermelés növelése nem gyakorolt szignifikáns hatást a biológiai aktivitás növekedésére.

#### Summary

Soil enzymes play an important role in the mineralization of nutrients, catalyzing the degradation of organic matter. Soil enzyme activities are “sensors” of soil organic matter (SOM) decomposition since they integrate information about microbial status and physico-chemical condition of soils. We measured dehydrogenase enzyme activity in a deciduous temperate oak forest in Hungary under litter manipulation treatments. The Síkfőkút Detritus Input and Removal Treatments (DIRT) project includes treatments with doubling of leaf litter and woody debris inputs as well as removal of leaf litter and trenching to prevent root inputs. Influence of modified organic matter content were examined on the soil biological activity after a 15-year-old period. We hypothesized that increased detrital inputs would increase enzyme activities particularly that of dehydrogenase, which has been used as an indicator of soil microbial activity. We also hypothesized that enzyme and biological activities would decrease with detritus removal plots. Based on our results, if the litter production decreased, soil dehydrogenase activity also decreased. In contrast, increase in litter production had no such direct significant effect on the biological activity.

## Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben egyre több tényező gyakorol komolyabb hatást talajaink állapotára, életére. Számos irodalom és kutatás beszámol arról, hogy talajaink leromlott állapotban vannak az elmúlt évtizedek nem megfelelő földhasználata miatt. A klímaváltozás is jelentős hatással bír, és nagymértékben hozzájárul a talajok jelenlegi megváltozott állapotához. Például az átlaghőmérséklet emelkedése, vagy az évi csapadékösszegek egyenlőtlen eloszlása jelentősen megváltoztatja talaj élő szervezeteinek összetételét és a mikrobiális aktivitását. Komoly problémát jelent a talajok szerves anyagának drasztikus csökkenése a fent említett okok miatt. Ezek a változások mind olyan hatások, melyek rövid- és hosszú távon is előrevetítik a mezőgazdaság jövőbeli feladatát (KÁTAI et al., 2014). A talajban található szerves anyagok meghatározzák a talaj kémiai és biológiai tulajdonságait (HE et al., 2009; JUHOS et al., 2015). A szerves anyagok (SOM) a talajok működési és szabályozási folyamataiban kiemelkedően fontos szerepet játszanak. A SOM a talaj C- és N-tartalékait képezi, részt vesz a kation cserében, a pH-szabályozásban, a talajszerkezet kialakításában, a hetero-organotróf talaj-mikroorganizmusok legfontosabb szubsztrátja (KOTROCZÓ et al., 2008; TÓTH et al., 2013). A talajban a szerves anyagok állandó átalakulásban vannak. A körülmények változásával megváltozik a szerves anyagok felhalmozódásának és lebontásának erőssége, s így mindaddig változik a talaj humusztartalma is, míg az adott körülményeknek megfelelő, újabb egyensúlyi állapot alakul ki (FÜLEKY & FILEP, 1999). A humuszképződés előnyös, mert a humuszanyagok szerkezetessé teszik a talajt, nagy adszorpciós kapacitással rendelkeznek, jó hő- és vízháztartást biztosítanak a talajnak (SOLLINS et al., 1999; SIX et al., 2002). Talaj-enzimek alatt a talajban fellelhető összes enzim mennyiségét, enzimaktivitást alatt pedig ezen enzimek összes aktivitását értjük. A talajenzimek működését számos, a talaj különböző tulajdonsága befolyásolja, pl.: pH, szervesanyag tartalom, talajszerkezet. A dehidrogenáz enzim csak intakt sejtek szerves részéként lehet jelen a talajban (SZABÓ, 1986). A talajnedvesség- és tápanyagtartalma is meghatározza működését (BARUAH & MISHRA, 1984, KÁTAI et al., 2014), aktivitása a növényzettel borított talajokban magasabb, legnagyobb mennyiségben a rhizoplánban és a rhizoszférában fordul elő (MAMATHA et al., 2001), aktivitása a talajszelvényben függőlegesen lefelé haladva csökken. Aktivására pozitív hatással van a talaj szerves-szén és összes nitrogén tartalma RAO & GHAI szerint (1985), viszont negatívan korrelál az összbaktérium számmal BARUAH & MISHRA (1984) munkája alapján. ZHANG et al., (2010) a dehidrogenáz enzimet a talaj szervesanyag tartalmának változása szempontjából fontos indikátor tényezőnek tartja. A talaj enzimek aktivitására hatással vannak a talaj művelése során alkalmazott különböző tápanyag-utánpótlás eljárásai, a műtrágyázás, és a szerves trágyázás is. HALÁSZ (2009) munkájában említi, hogy folyamatos szerves trágyázás és szervesetlen trágyázás (N, P) hatását vizsgálták kutatók több talajenzim aktivitására, szántóföldi kísérletekben, mérsékelt égövi éghajlat alatt. A szerves trágyázás eredményeként szignifikánsan növekedett a talajban a dehidrogenáz enzim aktivitás és az enzim aktivitása korrelált a talaj szén tartalmával (SUPRADIP, 2008). Vizsgálatunkban arra kerestük a választ, hogy egy hosszú távú vizsgálat során, milyen hatással volt a szerves anyag mennyiségének mesterséges megváltoztatása a talaj biológiai aktivitására. Ezt az aktivitást a talaj dehidrogenáz enzim aktivitásával mértük 5-5 év különbséggel, 2010-ben és 2011-ben, valamint 2015-ben és 2016-ban. Azt feltételeztük, hogy a megnövelt avar input hatására megnövekszik a talajban az enzimek aktivitása és ezzel együtt a mikrobiális aktivitás, ugyanakkor az avarmegvonás hatására csökken az enzimaktivitás és a biológiai aktivitás is.

### Anyag és módszer

A modellterület az Északi-középhegységhez tartozó Bükk déli, dombvidéki táján, Egertől 6 km távolságra északkeleti irányban található. A Síkfőkút Project földrajzi koordinátái: é.sz. 47°55'; k.h. 20°46', tengerszint feletti magasság 320-340 méter. Az évi átlagos csapadék 550 mm. A cseres-tölgyes erdő (*Quercetum petraeae-cerris*) talaja agyag-bemosódásos barna erdőtalaj, míg a FAO besorolás alapján Cambisols (JAKUCS, 1973). A kutatási területen a hosszú távú szerves-anyag manipulációs kísérletet 2000-ben alapítottuk (NADELHOFFER et al., 2004), és jelenlegi vizsgálatok az alapítás utáni 10. és 15. évben történtek.

A tartamhatású kísérleti parcellák kialakítását az USA DIRT Projektben alkalmazott módszerek szerint végeztük (NADELHOFFER et al., 2004; NELSON et al., 1963). Az avarmanipulációs szabadföldi kísérletben hatféle kezelést alkalmaztunk: Kontroll (K), Nincs Avar (NA), Dupla Avar (DA), Dupla Fa (DF), Nincs Gyökér (NR) és Nincs Input (NI) háromszoros ismétlésben (KOTROCZÓ et al., 2008; FEKETE et al., 2008.). Összesen 18 db 7×7 m-es kísérleti parcellát állítottunk be. A NR, illetve a NI kezeléseknél a parcellákat 1 m mélyen körbeárkoltuk. A kiásott árokba gyökérálló, nagysűrűségű polietilén fóliát helyeztünk, a gyökerek kívülről történő benövésének megakadályozására. Ezeknél a parcelláknál, a cserjeszintet is teljesen eltávolítottuk, valamint a folyamatosan megjelenő, növényzetet is rendszeresen eltávolítjuk. A kutatás során az 1. táblázatban feltüntetett kezeléseket alkalmaztuk.

**1. táblázat. A DIRT Projektben alkalmazott kezelések**

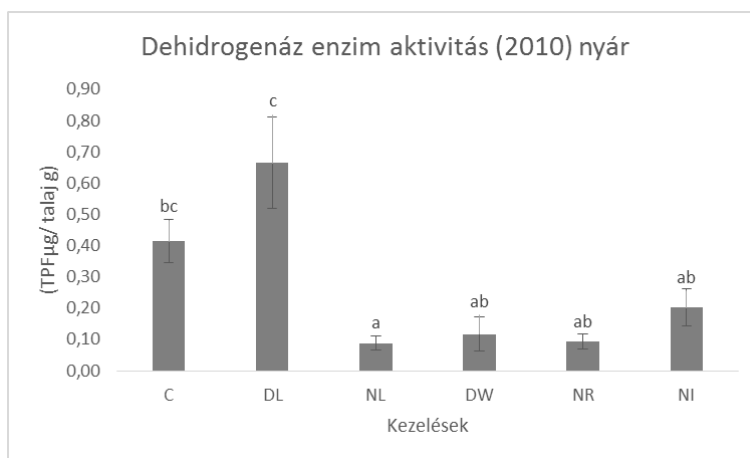
Kezelés	Leírás
Kontroll (C)	Normál (természetes) avar input
Nincs Avar (NL)	A talaj feletti avar inputot folyamatosan eltávolítjuk a parcelláról. Az avar eltávolítása gereblyézéssel történik.
Dupla Avar (DL)	A talaj feletti avart megduplázzuk annak az avarnak a felhasználásával, amelyet a Nincs Avar parcellákról távolítottunk el.
Dupla Fa (DW)	A talajfeletti fa inputot széttört fadarabok hozzáadásával megduplázzuk.
Nincs Gyökér (NR)	A gyökerek növekedését kizárjuk a parcellából.
Nincs Input (NI)	A föld feletti avar inputot kizárjuk, mint a Nincs Avar kezelés esetében, ill. a földalatti gyökéravart kizárjuk, mint a Nincs Gyökér parcellák esetében.

A dehidrogenáz enzim meghatározását THALMANN (1968) TTC módszere alapján végeztük. Az enzimaktivitás meghatározásakor a talajmintához adott trifenil-tetrazolium-klorid (TTC) a dehidrogenáz enzim jelenlétében redukálódik és sötét vörös trifenil-formazánná alakul át, amelyet fotometriásan mérünk. Minden parcelláról random módon vett talajmintákból zárható kémcsövekbe 2-2 g nedves talajt mértünk ki (A, B alminták) és 2 ml 1,5%-os TTC-t adtunk hozzá, vortexeltük. A kémcsöveket lezártuk és inkubáltuk 24 órán át 37°C-on (VERES et al., 2015).

A statisztikai elemzések során egytényezős teljes véletlen elrendezésű modellt (One-Way randomized design ANOVA-t) használtunk. A szórás homogenitás teljesülésének vizsgálatára a Levene's test-et alkalmaztuk. A csoportok elkülönítésére "Tukey" post-hoc tesztet alkalmaztunk.

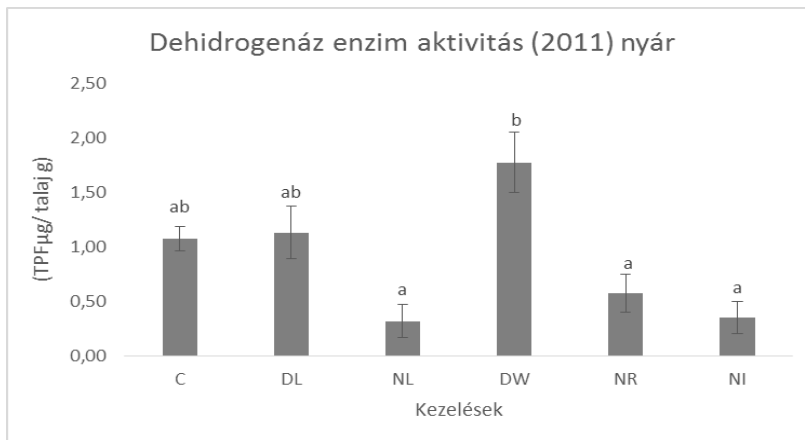
### Eredmények és értékelésük

A talajok biológiai aktivitására jól használható dehidrogenáz enzim aktivitást a kezelések beállítása után 10 évvel kezdtük el mérni. Az enzimaktivitások szempontjából egyik legkritikusabb időszak a nyár, amikor a talaj biológiai aktivitása folyamatosan változik a hőmérséklet és a csapadék kiszámíthatatlan mennyisége, időbeli eloszlása miatt. A magas hőmérséklet növeli az enzimaktivitást, ha elegendő nedvesség áll rendelkezésre (FEKETE et al., 2007; 2011). A kezelések tíz éve után (2010), amikor a nyári meleghez optimálisabb talajnedvesség állt rendelkezésre, a kontroll és a szerves anyag (avar) duplázásos kezelések (DL) biológiai aktivitása szignifikánsan magasabb volt a megvonásos kezelésekhez képest. Ezzel ellentétben a megvonásos kezeléseknél (NL, NR és NI) a talaj biológiai aktivitása szignifikánsan csökkent (1. ábra). Hasonló megállapításokra jutott KOTROCZÓ et al., (2009), aki a talaj biológiai aktivitását a talaj CO<sub>2</sub> kibocsátása alapján mérte. A dupla fa mérés esetén 2010-ben nem sikerült különbséget kimutatni (1. ábra), a kontrollhoz és a megvonásos kezelésekhez viszonyítva 2011-ben ez a különbség már jól megfigyelhető volt (2. ábra), a dupla fa kezelésnél is.



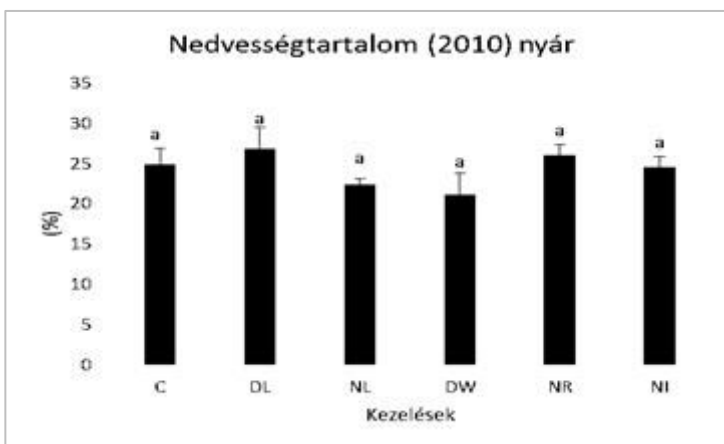
**1. ábra. A dehidrogenáz enzimaktivitás (TPFµg g<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup>± SE) változása 2010 nyarán. C=kontroll; DL=dupla avar; NL= nincs avar; DW=dupla fa; NR=nincs gyökér; NI=nincs imput. A szignifikáns különbségeket az eltérő betűk jelölik (p<0,05; ANOVA és Tukey teszt)**



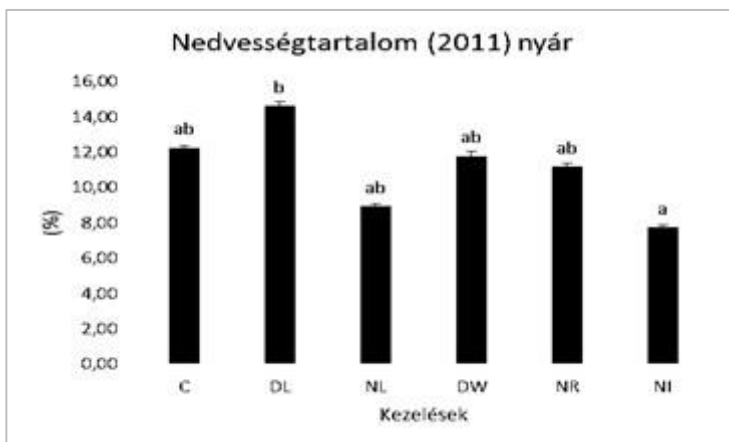


**2. ábra. A dehidrogenáz enzimaktivitás (TPF µg g<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup> ± SE) változása (2011 nyár).** C=kontroll; DL=dupla avar; NL= nincs avar; DW=dupla fa; NR=nincs gyökér; NI=nincs imput. Az eltérő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik (p<0,05; ANOVA és Tukey teszt)

Mind a 2010-es, mind a 2011-es években a dehidrogenáz enzimmérésekkel egy időben mért talajnedvesség értékek viszonylag kiegyenlítették voltak, és a korábbi évek nyári tendenciáikhoz hasonlóan alakultak (3. és 4. ábra) (KOTROCZÓ et al., 2011). A kezelések között a kontrollhoz viszonyítva lényeges különbségeket nem tapasztaltunk, ami azért említésre méltó, mert a talaj biológiai aktivitásának meghatározó feltétele a megfelelő talajnedvesség (FEKETE et al., 2016). Megfigyelhető ugyanakkor, hogy a talajnedvesség értékek 2011-ben lényegében felére csökkentek a 2010-es évhez viszonyítva, de az enzimaktivitások kétszer olyan magasak voltak. Ez azzal magyarázható, hogy a talaj mikroba közössége egy idő elteltével alkalmazkodik a megváltozott környezeti körülményekhez, amit más szerzők is alátámasztottak (BIRÓ et al., 2015; KOCSIS et al., 2015).

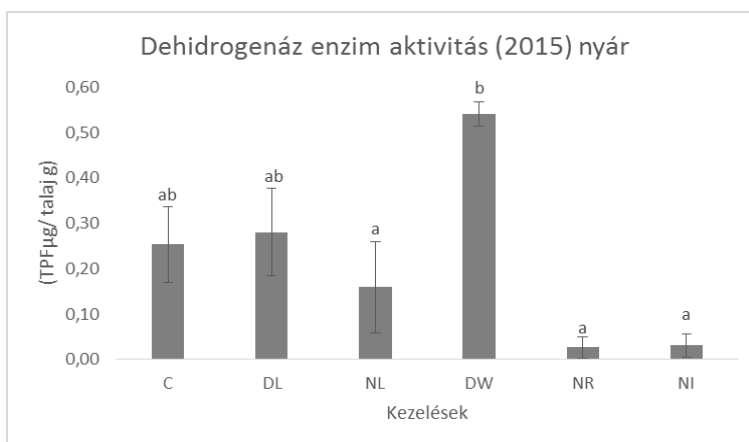


**3. ábra. A talaj nedvességtartalma (v/v % ± SE) (2010 nyár).** C=kontroll; DL=dupla avar; NL= nincs avar; DW=dupla fa; NR=nincs gyökér; NI=nincs imput. Az eltérő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik (p<0,05; ANOVA és Tukey teszt).

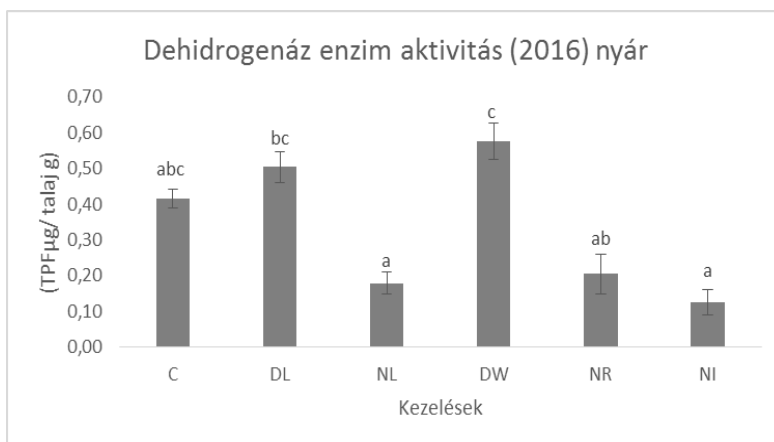


**4. ábra. A talaj nedvességtartalma(v/v % ± SE) (2011 nyár).** C=kontroll; DL=dupla avar; NL= nincs avar; DW=dupla fa; NR=nincs gyökér; NI=nincs imput. Az eltérő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,05$ ; ANOVA és Tukey teszt).

15 év elteltével, nyári időszakokban, magasabb hőmérséklet és relatív több csapadék esetén a megvonásos kezelések aktivitása drasztikusan csökkent, a NR és NI kezelések aktivitása alig volt mérhető (5. és 6. ábra). Ennek oka, hogy a hiányzó avartakaró nem csak a talaj gyorsabb, fokozottabb felmelegedését, de jelentősebb, gyorsabb kiszáradását és a besugárzás mértékét is fokozza, amely a talaj(felszín) gyorsabb felmelegedését eredményezi (KRAKOMPÉRGER et al., 2008). A 2015-ös év nyara kevés csapadékkal és kevésbé kiegyenlített csapadékeloszlással jellemezhető (7. ábra). Ennek következtében a talaj legfelső, mikrobiológiai szempontból aktívabb rétege gyorsan és sokszor tartósan kiszáradt, amely megvonásos kezelések talajának dehidrogenáz aktivitását (5. ábra) nagymértékben lecsökkentette. Ebben az időszakban a megvonásos kezelések aktivitása szignifikánsan különbözött a duplázásos kezelések talajbiológiai aktivitásától.



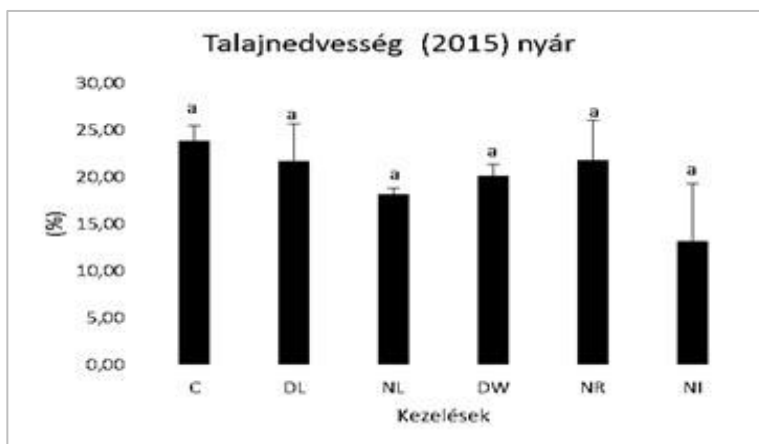
**5. ábra. A dehidrogenáz enzimaktivitás (TPF µg g<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup> ± SE) változása 2015 nyarán.** C=kontroll; DL=dupla avar; NL= nincs avar; DW=dupla fa; NR=nincs gyökér; NI=nincs imput. Az eltérő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,05$ ; ANOVA és Tukey teszt)



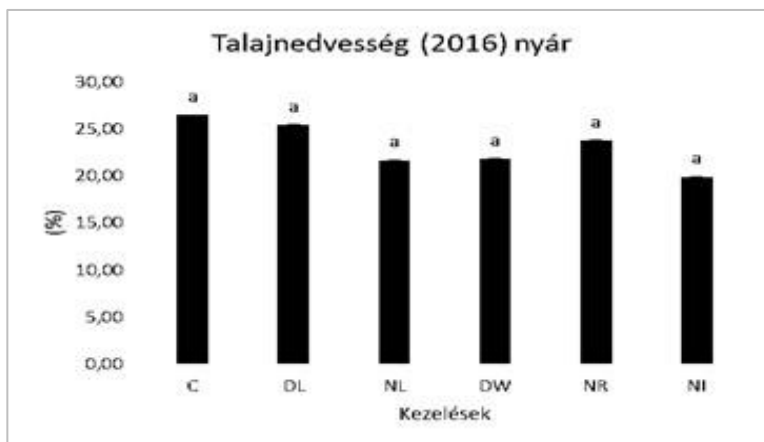
**6. ábra. A dehidrogenáz enzimaktivitás (TPFµg g<sup>-1</sup> 24h<sup>-1</sup>± SE) változása 2016 nyarán.** C=kontroll; DL=dupla avar; NL= nincs avar; DW=dupla fa; NR=nincs gyökér; NI=nincs imput. Az eltérő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik (p<0,05; ANOVA és Tukey teszt)

A tartamhatású kísérlet indulásától számított 15–16 év elteltével (5. és 6. ábra) is hasonló tendenciákat mértünk, vagyis a megvonásos kezelések aktivitása a csökkenő szerves anyag bevitel, valamint a limitált talajnedvesség és a nyári magasabb hőmérséklet hatására szignifikáns különbséget mutatott. Ugyanakkor a duplázásos kezeléseknél, ahol a talajtakaró avar védi a talajfelszínt a direkt besugárzástól és kiegyenlített hőmérsékleti viszonyok jönnek létre, az aktivitások magasabbak voltak (5. és 6. ábra).

Sem 2015-ben, sem 2016-ban nem volt jelentős különbség a talajnedvesség értékekben (7. és 8. ábra) a kezelések között. A talaj nedvességtartalma kiegyenlített, de ugyanakkor alacsony volt a korábbi évek mérési adataihoz képest (KOTROCZÓ et al., 2014). A négy, a mérések során összehasonlított év talajnedvesség értékeinél a 2011-es év (4. ábra) értékei kimagaslóan alacsonyak voltak a többi évhez viszonyítva



**7. ábra. A talaj nedvességtartalma (v/v % ± SE) (2015 nyár).** C=kontroll; DL=dupla avar; NL= nincs avar; DW=dupla fa; NR=nincs gyökér; NI=nincs imput. Az eltérő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik (p<0,05; ANOVA és Tukey teszt).



**8. ábra. A talaj nedvességtartalma (v/v % ± SE) (2016 nyár).** C=kontroll; DL=dupla avar; NL= nincs avar; DW=dupla fa; NR=nincs gyökér; NI=nincs imput. Az eltérő betűk a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelölik ( $p < 0,05$ ; ANOVA és Tukey teszt).

A nedvességtartalom változása hatást gyakorolt a dehidrogenáz enzim mérések értékeire is. Ugyanebben az évben (2. ábra), ugyanis az alacsonyabb talajnedvességek hatására a biológiai aktivitás nem csökkent olyan mértékben, és a többi évhez viszonyítva átlagosan kétszeres volt. Ez feltehetően azzal magyarázható, hogy a megváltozott körülményekhez alkalmazkodott mikrobák képesek voltak elviselni az átmenetileg lecsökkent talajnedvesség okozta hatásokat (BIRÓ et al., 2014; KOC SIS & BIRÓ, 2015).

Vizsgálataink alapján az avarmegvonásnak erősebb hatása volt a talaj dehidrogenáz enzimaktivitására, mint az avarduplázásnak. Ha a szerves anyag bevitel változik, az hatással van a talajban lejátszódó lebontó folyamatokra és tágabb értelemben a tápanyag- és szerves anyag dinamikára (pl. feltáródásra) is. BŁOŃSKA et al., (2013) azt mutatták ki, hogy ha emelkedik a biomasza mennyisége egy területen, akkor nő a talajba jutó szerves anyagok mennyisége is, ez pedig növeli a talaj dehidrogenáz aktivitását. Ahol azonban a biomasza mennyisége alacsony, vagyis nincs elég növény a talajon, azaz jelentéktelenebb a rhizoszféra, ott a biológiai aktivitás is kisebb, ezáltal a bejutó szerves anyagok mennyisége is kisebb. MAMATHA et al., (2001) vizsgálatai is ezt támasztják alá, hogy a dehidrogenáz aktivitás magasabb volt a növényzettel borított talajban és legnagyobb mennyiségben a rhizoszférában fordult elő.

### Következtetések

A Síkfőkúti DIRT parcellák létrehozása óta eltelt 10 és 15 év után végzett, összehasonlító dehidrogenáz enzim eredményei alapján megállapítottuk, hogy a talajba jutó avarinput mennyiségének és minőségének a megváltoztatása jelentős hatással volt a talaj biológiai tulajdonságaira, a talajban lejátszódó biológiai folyamatokra. Várakozásainkkal ellentétben, a vizsgálat kezdete óta eltelt 10 év után az avarmegvonásnak erősebb hatása volt a talaj dehidrogenáz enzimaktivitására, mint a szerves anyag(avar) duplázásnak. Ez a tendencia megfigyelhető volt később, 15 év után végzett vizsgálatok alapján is. Korábbi, más enzimaktivitásokra, talaj CO<sub>2</sub> kibocsátásra, stb. irányuló vizsgálataink alapján, a kísérlet kezdetén nem volt a talaj biológiai aktivitásokban különbség az egyes kezelések között. Jelenlegi vizsgálatainkban azonban kimutattuk, hogy az alapítás után már 10,

## Hosszú távú szerves anyag manipuláció hatása a talaj biológiai aktivitására

---

illetve 15 év után is a kezelések közötti különbségek „beálltak”, stabilizálódtak. Kialakultak azok a tendenciák, mely szerint a szerves anyag elvonása jelentősebb hatást tud gyakorolni a talajra biológiai szempontból, mint az, ha nagyobb mennyiséget juttatunk ki. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy ha az avarprodukciónak, a szerves anyagok mennyisége változik, az hatással van a talajban lejátszódó lebontó folyamatokra, biológiai aktivitásra, és tágabb értelemben a tápanyag körforgalomra, valamint a SOM dinamikára, ezáltal a talaj működőképességére, funkcióira is.

### Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a Piac-13-1-2013-0274 „Biochar” és az EU-KP7 CA 312117 „Biofactor” projektek támogatják. A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 sz. Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, ill. kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

### Irodalomjegyzék

BARUAH, M. & MISHRA, R. R. (1984): Dehydrogenase and urease activities in rice field soils. *Soil Biol. Biochem.* 16: 423–424.

BIRÓ B., TOSCANO, G., HORVÁTH N., MATICS H., DOMONKOS M., SCOTTI, R., RAO, A. M. & FRENCH H. K. (2014): Vertical and horizontal distributions of microbial abundances and enzymatic activities in propylene glycol affected soils. *Environmental Sci. Pollut. Res.* 21: 9095-9108.

BIRÓ B., SZALAI Z., KOCSIS T. & KOTROCZÓ ZS. (2015): Better efficiency of biofertilizers in combination with N<sub>2</sub>-fixing endophytes in low quality sandy soil. In: *Rhizosphere 4: 'Stretching the Interface of Life'*. Maastricht, Hollandia, p. 183.

BŁOŃSKA E., LASOTA J. & JANUSZEK K. (2013): Variability of enzymatic activity in forest cambisols and brunisols of Polish lowland areas. *Soil Sci. Annual.* 64: 54–59.

FEKETE I., VARGA CS., KOTROCZÓ ZS., KRAKOMPERGER ZS. & TÓTH J. A. (2007): The effect of temperature and moisture on enzyme activity in Síkfőkút Site. *Cereal Res. Communicat.* 35: 381-385.

FEKETE I., VARGA CS., HALÁSZ J., KRAKOMPERGER ZS. & KRAUSZ E. (2008): Study of litter decomposition intensity in litter manipulative trials in Síkfőkút cambisols. *Cereal Res. Communicat.* 36:1779-1782.

FEKETE I., VARGA CS., L. HALÁSZ J., KRAKOMPERGER ZS., KOTROCZÓ ZS. & TÓTH J. A. (2011): Avarkezelések hatása egy cseres-tölgyes erdő talajainak enzimaktivitására. *Talajvédelem (suppl.)*, p. 195-202.

FEKETE I., VARGA CS., BIRÓ B., TÓTH J.A., VÁRBÍRÓ G., LAJTHA K., SZABÓ G. & KOTROCZÓ Zs. (2016): The effects of litter production and litter depth on soil microclimate in a central european deciduous forest. *Pl. Soil*, 398(1): 291-300.

FÜLEKY GY. & FILEP Gy. (1999): A talaj szerves anyagai. In: Stefanovits P. (szerk.): *Talajtan, Mezőgazda Kiadó, Budapest.* pp. 71–85.

- HALÁSZ J. L. (2009): Hulladéklerakók mikrobiológiai szempontú jellemzése. Egyetemi doktori értekezés. Debrecen. pp. 28.
- HE Y., CHEN C., XU Z., WILLIAMS D. & XU J. (2009): Assessing management impacts on soil organic matter quality in subtropical Australian forests using physical and chemical fractionation as well as <sup>13</sup>C NMR spectroscopy. *Soil Biol. Biochem.* 41: 640–650.
- JAKUCS P. (1973): „Síkfőkút Project”. Egy tölgyes ökoszisztéma környezetbiológiai kutatása a bioszféra-program keretén belül. *MTA Biol. Tud. Oszt. Közl.* 16: 11–25.
- JUHOS K, SZABÓ S. & LADANYI M. (2015): Influence of soil properties on crop yield: A multivariate statistical approach. *International Agrophysics* 29:433-440.
- KASZA, G., BÓDI B., SÁRKÖZI E., MÁZSA Á. & KARDOS, L. (2015): Vermicomposting of Sewage Sludge--Experiences of A Laboratory Study. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 5: 1-10.
- KÁTAI J., ZSUSPORNÉ OLÁH. Á., SÁNDOR ZS. & TÁLLAI M. (2014): Comparison of soil parameters of the carbon and nitrogen cycles in a long-term fertilization experiment. *Agrokém. Talajtan*, 63: 129-138.
- KOCSIS T. & BIRÓ B. (2015): Bioszén hatása a talaj-növény-mikróba rendszerre: előnyök és aggályok. *Agrokém. Talajtan* 64(1): 257-272.
- KOCSIS T., KOTROCZÓ ZS., SZALAI Z. & BIRÓ B. (2015): Biochar doses and bioeffector bacterium affected to pot-and field grown organic tomato. In: Madarász B, Tóth A (szerk.) *Internat. Conference Conservation Agriculture and Sustainable Land Use: Book of Abstracts*. 104 p. Budapest, Magyarország
- KOTROCZÓ, ZS., FEKETE I., TÓTH J.A, TÓTHMÉRÉSZ B. & BALÁZSY S. (2008): Effect of leaf- and root-litter manipulation for carbon-dioxide efflux in forest soil. *Cereal Res. Communicat.*, 36: 663-666.
- KOTROCZÓ ZS., KONCZ G., HALÁSZ J.L., FEKETE I., KRAKOMPERGER ZS., TÓTH M.D., BALÁZSY S. & TÓTH J.A. (2009): Litter decomposition intensity and soil organic matter accumulation in Síkfőkút DIRT site. *Acta Microbiol. Immunol. Hung.* 56: 53-54.
- KOTROCZÓ ZS., VERES ZS., BIRÓ B., TÓTH J. A. & FEKETE I. (2014): Influence of temperature and organic matter content on soil respiration in a deciduous oak forest. *Eur. J. Soil Sci.*, 3: 303-310.
- KRAKOMPERGER ZS., TÓTH J.A., VARGA CS. & TÓTHMÉRÉSZ B. (2008): The effect of litter input on soil enzyme activity in an oak forest. *Cereal Res. Communicat.*. 36: 323–326.
- MAMATHA G., JAYANTHI S., BAGYARAJ D.J & SURESH C.K. (2001): Microbial and enzymatic analysis from sandal root zone soil growing in red sandy loam. *Ind. J. Microbiol.* 41: 219–221.
- NADELHOFFER K., BOONE R., BOWDEN R.D., CANARY J., KAYE J., MICKS P., RICCA A., MCDOWELL W. & AITKENHEAD J. (2004): The DIRT experiment. In: Foster D.R., Aber D.J. (ed.): *Forests in Time*. Yale Univ. Press, Michigan.
- NEILSON G. A. & HOLE F. D. (1963): A study of the natural processes of incorporation of organic matter into soil in the University of Wisconsin Arboretum. *Wisc. Acad. Rev.* 52: 231–227.

## Hosszú távú szerves anyag manipuláció hatása a talaj biológiai aktivitására

---

RAO, D. L. N., & GHAI, S. K. (1985): Urease and dehydrogenase activity of alkali and reclaimed soils. *Soil Res.*, 23: 661-665.

SAHA, S., PRAKASH, V., KUNDU, S., KUMAR, N. & MINA, B. L. (2008): Soil enzymatic activity as affected by long term application of farm yard manure and mineral fertilizer under a rainfed soybean–wheat system in NW Himalaya. *Eur. J. Soil Biol.*, 44: 309-315.

SIX J., CONANT R.T., PAUL E.A. & PAUSTIAN K. (2002): Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Pl. Soil.* 241: 155–176.

SOLLINS P., GLASSMAN C., PAUL E.A., SWANSTON C., LAJTHA K., HEIL J.W. & ELLIOT E.T. (1999): Soil Carbon and Nitrogen: Pools and Fractions. In: Robertson G.P., Coleman D.C., Bledsoe C.S., Sollins P. (ed.) (1999): *Standard Soil Methods for Long-term Ecological Research*. Oxford Univ. Press. New York, pp. 89-105.

SZABÓ I.M. (1986): *Az általános talajtan biológiai alapjai*. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.

THALMANN A. (1968): Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid. *Landwirtschaft. Forsch.* 21:249–258.

TÓTH J.A., NAGY P.T., KRAKOMPERGER ZS, VERES ZS., KOTROCZÓ ZS., KINCSES S., FEKETE I., PAPP M., MÉSZÁROS I. & OLÁH V. (2013): The Effects of Climate Change on Element Content and Soil pH (Síkfőkút DIRT Project, Northern Hungary). In: J. Kozak et al. (ed.): *The Carpathians: Integrating Nature and Society Towards Sustainability*, Environmental Science and Engineering, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 77–88.

VERES ZS., KOTROCZÓ ZS., FEKETE I., TÓTH J.A., LAJTHA K., TOWNSEND K. & TÓTHMÉRÉSZ B. (2015): Soil extracellular enzyme activities are sensitive indicators of detrital inputs and carbon availability. *Appl. Soil Ecol.* 92:18-23.

ZHANG, N., XING-DONG, H.E, YU-BAO, GAO, YONG-HONG, L.I., HAI-TAO, WANG, DI, M.A., R. ZHANG & S. YANG. (2010): Pedogenic carbonate and soil dehydrogenase activity in response to soil organic matter in *Artemisia ordosica* community. *Pedosphere* 20(2): 229-235.





**Kedvezőtlen talajkémhatást és sóviszonyokat mutató, degradálódott talajokhoz alkalmazkodott stressztűrő baktériumok szelektálása és törzsgyűjtemény létrehozása**

*Kovács Rita<sup>1</sup>, Imre Csilla<sup>1</sup>, Puspán Ildikó<sup>1</sup>, Rizó Boglárka<sup>1</sup>, Imri Ádám<sup>1</sup>, Pék Nikoletta<sup>2</sup>, Kárpáti Éva<sup>2</sup>, Arvay Gyula<sup>3</sup>, Romsics Csaba<sup>4</sup>, Kutasi József<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*BioFil Mikrobiológiai, Géntechnológiai és Biokémiai Kft. 1139 Budapest, Váci út 87.*

<sup>2</sup>*Saniplant Kft., 1035 Budapest, Raktár utca 19.,<sup>3</sup>NEBIH Baranya Megyei Kormányhivatal, Növény és Talajvédelmi Igazgatóság, 7634 Pécs, Kodó dűlő 1.,<sup>4</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Mikrobiológiai Tanszék, 1117, Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C*

**Összefoglalás**

A projekt célja kedvezőtlen talaj pH- és sóviszonyokat mutató talajokból stressztűrő baktériumok izolálása, a növényi növekedésre, talajerő pótlásra és növényi egészségre jótékony hatású törzsek kiválogatása, és törzsgyűjtemény létrehozása volt. Magyarország különböző területeiről 10 talajféléség került kiválasztásra. Savanyú és lúgos homoktalajokból, erősen savanyú barna erdőtalajokból, meszes-szódás-sófelhalmozódásos szikes és kilúgozott savanyú szikes talajokból, erősen savanyú réti talajokból, valamint savanyú öntéstalajokból származó mintákból izoláltunk talajbaktériumokat. Több mint 1300, adott talajkörülmények között szaporodni képes baktériumtörzset izoláltunk, melyek – mint a bennszülött mikrobióta tagjai - a talajba visszaoltva, speciális „stressz” körülmények között is nagy valószínűséggel növelni képesek a mikrobiológiai aktivitást. Laboratóriumi kísérletben, stresszkörülmények (pH-, só- és hidegstressz) alkalmazása mellett vizsgáltuk a szaporodást, valamint növényi növekedésserkentő és biokontrol hatású (nitrogénkötő, foszfát- és kálium-mobilizáló, sziderofór- ill. fitohormon-termelő) és talaj aggregátum-képzést (exopoliszacharid – EPS – termelő) elősegítő törzseket válogattunk. Az előnyös tulajdonságokat mutató törzseket a stressztűrő képességük és biológiai aktivitásuk alapján osztályoztuk. A kiemelkedően jó stressztűrő képességet és növekedésserkentő tulajdonságokat mutató törzseket 16S rDNS szekvencia analízissel és BLAST adatbázis felhasználásával azonosítottuk. A hazai klimatikus viszonyok között, szélsőséges talaj kémhatáson vagy magas sókoncentráción szaporodóképes törzsekből a Talajbaktérium Válogató Rendszer (KUTASI et al., 2015WO 2015/118516) szerint törzsgyűjteményt állítottunk össze. A stressztűrő képességük alapján osztályozott törzseket három, hozzájuk rendelhető, különböző talajtípusokat összesítő – szikes, semleges és savanyú – kategóriába csoportosítottuk.

**Summary**

The project aimed at the isolation of bacterial strains isolated from deteriorated soils and the establishment of a strain collection from the strains that showed plant growth promoting, soil ameliorating and biocontrol properties. 10 different soil types were selected from various regions of Hungary. Low-fertility, deteriorated soil types (dystric and eutric arenosol, alisol, sodic solonchak, solonetz, dystric gleysol, dystric fluvisol) were sampled for the isolation of soil bacteria. Over 1300 strains were isolated that are

adapted to extreme abiotic conditions and -as part of the native microflora- are able to enhance soil microbial activity when reinoculated in deteriorated soils. Stress-selective isolation and classical microbiological methods were used to select abiotic stress tolerant (pH, salt concentration, low temperature), plant growth promoting and biocontrol effecting (nitrogen-fixing, phosphate and potassium solubilizing, siderophore producing, phytohormone producing) and soil aggregation promoting (EPS producing) bacterial strains. The isolated strains were classified according to stress tolerance and biological activity. Strains showing high stress tolerance and plant growth promoting ability were identified by 16S rDNA sequence analysis and BLAST database. A strain collection was composed of strains that are able to the regional climatic conditions at extreme soil pH levels and high salt concentrations based on the Soil Bacterial Screening System (KUTASI et al., 2015WO 2015/118516). The stress tolerant strains were assigned to target soil types that were categorized into three main categories: acidic, alkaline and neutral. The classification may serve as a basis for the composition of soil inoculants.

### Bevezetés

Az intenzív műtrágyahasználat és gazdálkodás nagymértékben elősegíti a mezőgazdasági talajok károsodását, elsavanyodását és így leromlását, valamint a helytelen talajművelés és a magas, pangó talajvíz a lúgos, elszikesedő és sóterhelt talajok kialakulását. A talajszerkezet lepusztulása magával hozza a humifikáció és a talajképződés lelassulását, ezáltal a talaj tápanyag szolgáltató képessége – a műtrágyázás ellenére – néhány évtized alatt az intenzív növénytermesztés számára kimerül. A talajok romlása szinte minden esetben együtt jár a mikrobiális talajélet összeomlásával, mivel a talajmikroorganizmusok már nem képesek a megváltozott víz-, hő- és levegőháztartású, sótartalmú és kémhatású talajban élettevékenységet folytatni, és így a talajszerkezet sérül. Megfelelő talajszerkezet hiányában műtrágyákkal sem lehet hatékonyan pótolni a hiányzó makroelemeket, mert a talajból ezek kimosódnak, a környezet vizes élőhelyeit szennyezve. A legtöbbször feleslegben alkalmazott nitrogén alapú műtrágyák okozta környezeti károk ma már felmérhetetlenek és előtérbe kerülnek a mezőgazdaságban alkalmazható alternatív, a műtrágyák mennyiségét csökkentő megoldások. Az egyik lehetőség a szántóföldi talajok tápelem mobilizálásának és termékenységének javítására a mikrobiális talajoltóanyagok használata (BIRÓ, 2016; MATICS & BIRÓ 2015). Biotechnológiai-mikrobiológiai megoldásokkal a felére-harmadára csökkenthető nemcsak a nitrogén, hanem a foszfor alapú műtrágyák használata is. Ma Magyarországon több százezer hektáron oltják a szántóföldeket mikrobiológiai oltóanyaggal – talajoltóanyaggal. A biológiai úton történő talaj-revitalizáció olyan alternatív módszer, mely munkaigényes, biztonságos és környezetkímélő (CAPLAN, 1993; DUA et al., 2002). A növények gyökérkörnyezetében megtelepedő rizoszféra mikroflóra döntően hozzájárul a tápanyagforgalom beindításához, a szén- és nitrogénforgalmi egyensúly megteremtéséhez a talajban (BAGWELL et al. 1998; STEFANOVICS, 1999). A rhizoszféra mikroorganizmusait, melyek a növények tápanyagellátását és növekedését pozitívan befolyásolják stimuláló, biológiailag aktív termékekkel (CAMPBELL & GREAVES 1990), növényi növekedést serkentő rhizobaktériumoknak nevezzük (angol nevükből származó rövidítésük: PGPR) (VESSEY 2003, KENNEDY et al., 2004, KLOEPPER 1994, GODÓ 2011). A növényi növekedést serkentő tulajdonságok közé sorolható a biológiai nitrogénkötés, az ásványi-anyag szolubilizáció, a sziderofór-termelés, valamint a fitohormonok szintézise (SOUZA, 2015). A szélsőséges kémhatású, leromlott „stressz talajokon” az eddig ismert

## **Kedvezőtlen talajkémhatást és sóviszonyokat mutató, degradálódott talajokhoz alkalmazkodott stressztűrő baktériumok szelektálása és törzsgyűjtemény létrehozása**

talajoltóanyagokban alkalmazott baktérium törzsek nem, vagy csak rossz hatékonysággal képesek megtelepedni, szaporodni, ezért célul tűztük ki egy olyan talajbaktérium válogató protokoll kidolgozását, mely figyelembe veszi – a törzsek hatékony növényi növekedésserkentő, biokontrol és talajélet javító képessége mellett – azok stressztűrő (alacsony hőmérsékletet toleráló, alacsony vagy magas kémhatást tűró és a magas sókoncentrációt elviselő) képességét is.

### **Anyag és módszer**

10 különböző, a magyarországi stressztalajokra jellemző, a Talajvédelmi Információs és Monitoring (TIM) rendszer szerint vett talajmintát dolgoztunk fel: erősen savanyú barna erdőtalajok, meszes-szódás-sófelhalmozódásos szikes és kilúgozott savanyú szikes talajok, erősen savanyú réti talajok és savanyú öntéstalajok (1. táblázat).

**1. táblázat: A feldolgozott stressztalajok típusa, kémhatása és sótartalma**

<b>Szikes és réti talajok</b>	<b>Talaj pH</b>	<b>Sótartalom</b>
Réti szolonyec talaj, mély	6,4	magas
Szolonyeces talaj, erősen szolonyeces	4,92	magas
Agyagos réti szolonyeces, mély	8,0	magas
<b>Barna erdőtalajok</b>		
Erősen savanyú, nem podzolos erdőtalaj	4,4 - 4,94	alacsony
Podzolos barna erdőtalaj	4,67 - 6,56	alacsony
Agyagbemosódásos barna erdőtalaj, podzolos, savanyú	5,69	alacsony

A talajmintákat táplevesben (módosított Nutrient Broth, Oxoid, UK), beállított sókoncentráció és kémhatás mellett, fungicid szer hozzáadásával, 12 órán át tenyésztettük 4-8°C és 28°C hőmérsékleten. A dúsított tenyészetekből az egyes növekedésserkentő hatások tekintetében szelektív táptalajokra szélesztettünk. A tiszta izolátumokat -80°C-on, illetve liofilizálva tároljuk. Klasszikus mikrobiológiai vizsgálatokkal – kataláz-, oxidáz teszt, Gram próba, sejtmorfológia és telepmorfológiai vizsgálatok segítségével – és szelektív táptalajokon – Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar (MYP), Xylose Lysine Deoxycholate Agar (XLD), MacConkey Agar (MC), Cefalosporin Fucidin Cefrimid agar (CFC) – szűrtük ki a humán patogénnek bizonyult törzseket, és azokat a további vizsgálatokból kizártuk. Az izolátumok növényi növekedésserkentő és biokontrol, illetve talajjavító és talaj aggregátum képző hatását vizsgáltuk. A nitrogénkötési kapacitást acetilénredukciós módszerrel határoztuk meg és egységnyi sejt számra vonatkoztatott etilén/acetilén aránnyal (Et %) fejeztük ki (Et %/10<sup>7</sup> cfu/ml) (BURRIS, 1972). A foszfátmobilizáló baktériumok szerves savak, H<sup>+</sup> ionok, sziderofórok (oldhatatlan ásványi foszfátok fém ionjának megkötésével) vagy foszfátáz enzimek segítségével oldható formába alakítják a talajban lévő ásványi foszfátot, mely hatást Aleksandrov Agar (Ca-foszfát, K-Al-szilikát) lemez segítségével detektáltuk (SUGARMAN & JANARTHAMAN 2007). A gyökernövekedést elősegítő fitohormon, az indol-3-ecetsav termelését első lépésben spektrofotometriás méréssel vizsgáltuk Salkowsky reagens alkalmazásával (OKON et al., 1977), majd vékonyréteg kromatográfias módszerrel erősítettük meg a pozitív eredményeket, Ehrlich reagenst alkalmazva (TIEN et al., 1979). A biokontrol és ásványi anyag mobilizáló (vas és foszfát) hatású sziderofórok termelését króm-azuroil-S

(CAS) festéket tartalmazó agar segítségével teszteltük (NEILANDS, 1986; OLDAL, 2002). A exopoliszacharid termelés kimutatását izopropanolos kicsapással végeztük szubmerz folyadékenyészetekből (MUTHUSAMY et al., 2011). A következő lépésben a törzseket növényi növekedésserkentő aktivitásuk alapján pontoztuk. A pontozási rendszer alapja – a módszer kidolgozásának fontos szempontja – a módszerek megbízhatósága, illetve érzékenysége. Emellett a maximális pont meghatározásához a tulajdonságokat súlyoztuk a talajoltóanyag növényi növekedésre gyakorolt hatékonyságának szempontja szerint. A nitrogénkötési kapacitás, a fitohormon (IAA, GA3, T-ZR) és exopoliszacharid (EPS) termelés maximális pontszáma hat. A foszfor és kálium mobilizálás, a sziderofór termelés, valamint a Salkowsky színreakcióval meghatározott indol-3-ecetsav termelés (előzetes vizsgálat) értékelésekor a maximális pontszám három. A különböző módszerekkel vizsgált aktivitás pontszámai nem adódnak össze. A cél a kevésbé kiemelkedő, de több tulajdonságra nézve pozitív hatású izolátumok kiszűrése volt, melyek stressztalajokra adaptált talajoltóanyagok összeállításának alapjául szolgálhatnak. A pontozás alapját képző tulajdonságokat a 2. táblázatban foglaljuk össze.

**2. táblázat. Értékelés és pontozás a növényi növekedésserkentő és biokontrol hatás, valamint talaj aggregátum képzés vizsgálati rendszer szempontjai alapján**

A VIZSGÁLT AKTIVITÁS		A	VIZSGÁLT	A	VIZSGÁLT	A	VIZSGÁLT
NÖVÉNYI NÖVEKEDÉSSERKENTŐ HATÁSOK	NITROGÉN-KÖTÉS	nitrogenáz enzim aktivitás	nitrogénkötési kapacitás	etilén %/ 10 <sup>7</sup> CFU/ml	min. 40	6 pont	
					10-40	3 pont	
					max. 10	1 pont	
	ÁSVÁNYI ANYAG MOBILIZÁLÁS	foszfor és kálium	Ca-foszfát, K-Al-szilikát oldási kapacitás	oldási zóna mm/ 10 <sup>8</sup> CFU/ ml	min. 1,5	3 pont	
					0,5-1,5	2 pont	
					max. 0,5	1 pont	
	FITOHORMON TERMELÉS	indol-3-ecetsav (IAA)	Salkowsky színreakció, abszorbancia	IAA mg/ 10 <sup>8</sup> CFU/ ml	min. 30	3 pont	
					10-30	2 pont	
			Ehrlich színreakció, abszorbancia	IAA mg/ 10 <sup>8</sup> CFU/ ml	min. 60	6 pont	
					10-60	3 pont	
		gibberellin (GA3)	UV 256 nm-n abszorbancia	GA3 mg/ 10 <sup>8</sup> CFU/ ml	min. 80	6 pont	
					20-80	3 pont	
max. 20					1 pont		
citokinin (T-ZR)					UV 366 nm-n abszorbancia	T-ZR mg/ 10 <sup>8</sup> CFU/ ml	min. 80
	20-80	3 pont					
	max. 20	1 pont					
BIOKONTROL HATÁS	sziderofór termelés	króm-azurool-S (CAS) oldási kapacitás	oldási zóna mm/ 10 <sup>8</sup> CFU/ ml	min. 4	3 pont		
				2-4	2 pont		
				max. 2	1 pont		
TALAJ AGGREGÁTUM KÉPZÉS	exopoliszacharid (EPS) termelés	Izopropanollal kicsapható frakció fajlagos mennyisége	EPS mg/ 10 <sup>8</sup> CFU/ ml	min. 15	6 pont		
				5-15	3 pont		
				max. 5	1 pont		

## Kedvezőtlen talajkémhatást és sóviszonyokat mutató, degradálódott talajokhoz alkalmazkodott stressztűrő baktériumok szelektálása és törzsgyűjtemény létrehozása

VRK: vékonyréteg-kromatográfia, CFU: colony forming unit (telepformáló egység)

Az izolátumok kémhatás-, illetve ozmotikus tűrőképességét gradiens agar lemezeken történő tenyésztéssel, valamint a kémhatást és az ozmotikus viszonyokat (NaCl) beállítva szubmerz folyadéktenyészetben történő tenyésztéssel határoztuk meg a növekedés detektálás által. A hidegtűrő képességet 4-8°C-on, agar lemezen, illetve szubmerz folyadéktenyészetben történő szaporítással vizsgáltuk. A tesztek elvégzése után adatbázisban összesítettük az adatokat. A vizsgált törzseket stressztűrő képességük alapján osztályoztuk, és három, hozzájuk rendelhető, különböző talajtípusokat összesítő – szikes, semleges és savanyú – kategóriába csoportosítottuk. A szikes kategóriába azokat a talajokat soroltuk, amelyek kialakulásában és tulajdonságaiban a vízben oldható sók döntő szerepet játszanak. Ide soroltuk a szoloncsák, szolonyec és másodlagosan elszikesedő talajok mellett a savanyú, ill. gyengén savanyú feltalajú szikeseket is. A semleges kategóriához rendeltük a gyengén savanyú és semleges csernozjom talajokat. A savanyú kategóriába a savanyú agyagbemosódásos barna erdőtalaj, savanyú homok-, savanyú réti- és savanyú öntéstalajokat soroltuk. Az osztályozás szempontjait a 3. táblázatban foglaljuk össze. pH

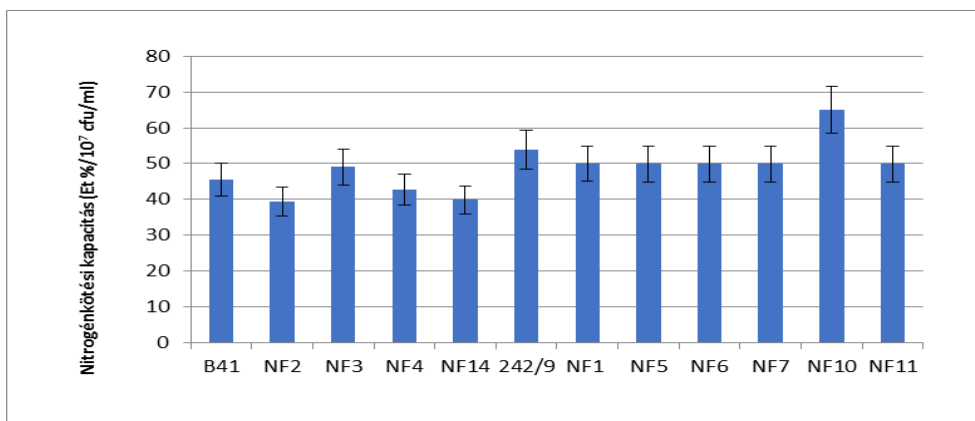
3. táblázat. A stressztűrő képesség vizsgálati rendszerének szempontjai

STRESSZ-TŰRŐKÉPESSÉG	A VIZSGÁLT TULAJDONSÁG PARAMÉTERE	A VIZSGÁLT TULAJDONSÁG OSZTÁLYOZÁSA	HOZZÁRENDELHETŐ TALAJTÍPUSOK
pH-TOLERANCIA	a szaporodás mértéke különböző kémhatásra beállított agar lemezen és Nutrient Broth táplevesben	6 pH alatt képes szaporodásra	savanyú abet, savanyú homok, savanyú réti talaj, savanyú öntéstalaj, savanyú feltalajú szikesek
		6 és 8 pH érték között képes szaporodni	gyengén savanyú és semleges csernozjom talajok, gyengén savanyú feltalajú szikesek
		8 pH felett is képes szaporodásra	szoloncsák, szolonyec, másodlagosan elszikesedett talajok
OZMOTIKUS TŰRŐKÉPESSÉG	NaCl ozmotikus stressz számszerűsített értéke	sótoleráns (8 % NaCl koncentráció mellett még növekedik)	szoloncsák, szolonyec, másodlagosan elszikesedett talajok, savanyú feltalajú szikesek
		nem sőtűrő (max. 4% NaCl koncentráció mellett növekedik)	gyengén savanyú és semleges csernozjom talajok, savanyú abet, savanyú homoktalajok, savanyú réti talajok, savanyú öntéstalajok
HIDEG-TŰRŐKÉPESSÉG	a szaporodás mértéke 4-8°C-on, Nutrient Broth táplevesben és agar lemezen	képes szaporodni	minden talajtípus
		nem képes szaporodni	-

A kiemelkedően jó stressztűrő képességet és növekedésserkentő tulajdonságokat mutató törzseket 16S rDNS szekvencia analízissel és BLAST adatbázis felhasználásával azonosítottuk.

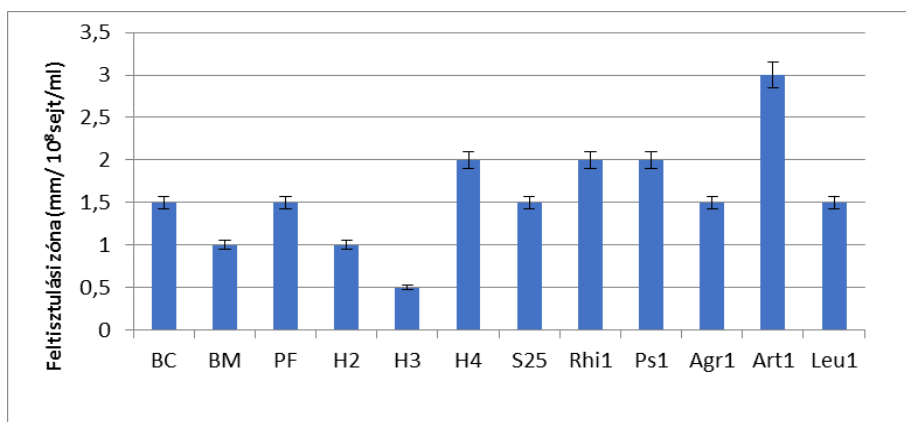
## Eredmények és értékelésük

1300 baktériumtörzset izoláltunk Magyarországról származó erősen savanyú barna erdőtalajokból, meszes-szódás-sófelhalmozódásos szikes és kilúgozott savanyú szikes talajokból, valamint erősen savanyú réti- és savanyú öntéstalajokból. A klasszikus mikrobiológiai vizsgálatok és szelektív táptalajokon történő tenyésztés után 91 db törzset zártunk ki a további vizsgálatokból feltételezhető humán-patogenitásuk miatt. A növényi növekedésserkentő hatások vizsgálata során 16 nagy nitrogénáz aktivitású (30-70 Et%/10<sup>7</sup> cfu/ml) törzset választottunk az izolátumok közül. A legjobb nitrogénkötési kapacitással az NF10 (*Azospirillum brasilense*) törzs rendelkezik (65,1 Et %/10<sup>7</sup> cfu/ml) (1. ábra).



**1. ábra.** Izolátumok (12 db) nitrogénkötési kapacitása acetilén redukciós módszerrel

192 foszfátmobilizációra képes törzset válogattunk ki, melyből 36 db mutatott kiemelten jó oldóképességet. Legalább 2 mm feltisztulási zónát mutattak a H4, S30, S33 (*Pseudomonas frederiksbergensis*) és Art1 törzsek (2. ábra).

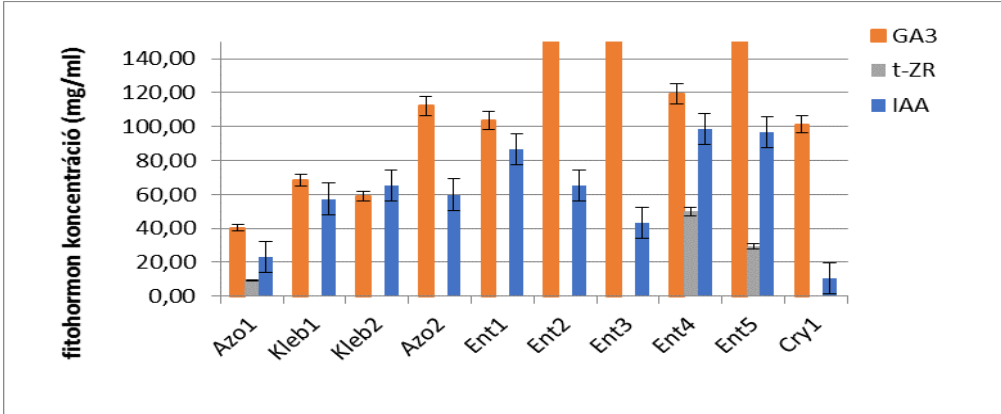


**2. ábra.** Izolátumok (12 db) foszfátmobilizáló képessége a hidroxipapatitot tartalmazó táptalajban kapott feltisztulási zónák mérete alapján

127 fitohormon (IAA, GA3, T-ZR) termelő törzset izoláltunk, ezek közül 37 kiemelten nagy kapacitással termeli az indol-3-ecetsav (IAA) hormont. Az Azo1 (*Azospirillum*

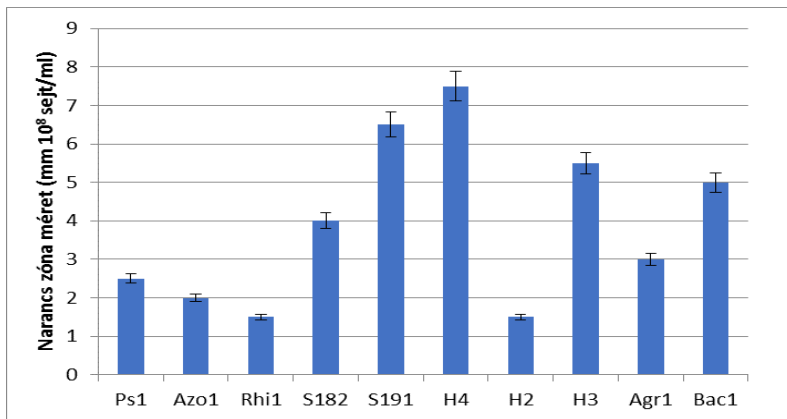
## Kedvezőtlen talajkémhatást és sóviszonyokat mutató, degradálódott talajokhoz alkalmazkodott stressztűrő baktériumok szelektálása és törzsgyűjtemény létrehozása

*brasilense*), Ent4 és Ent5 izolátumok képesek indol-3-ecetsav, gibberellinsav és t-zeatin-ribozid termelésére is. A Ent2, Ent3 és Ent5 törzsek elérték a 140 mg/ml fermentlé koncentráció feletti gibberellinsav termelést. A legmagasabb indol-3-ecetsav termelést az Ent1 (86,6 mg/ml), Ent4 (98,6 mg/ml) és az Ent5 (96,7 mg/ml) törzs mutatta. A legmagasabb t-zeatin-ribozid koncentrációt (50,0 mg/ml) az Ent4 izolátum esetében kaptuk (3. ábra).



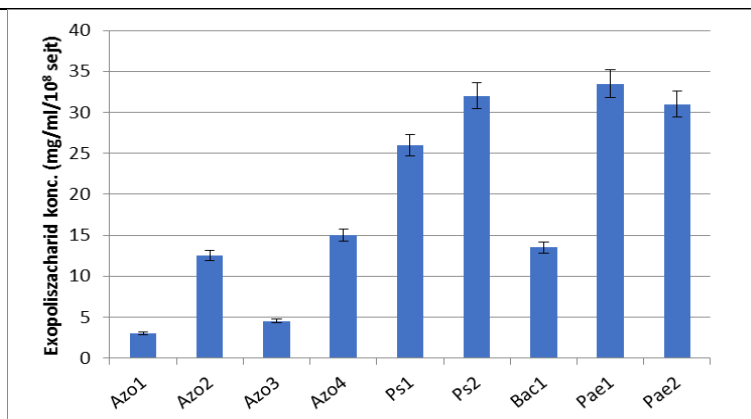
3. ábra. Izolátumok (10 db) fitohormon (GA3, t-ZR és IAA) termelő képessége

55 sziderofór termelő törzset izoláltunk, melyek biokontrol hatásuk mellett képesek a növények számára felvehető formába alakítani az ásványi vas és foszfát vegyületeket is. A legnagyobb narancssárga elszíneződési zónát az S191 ( $6,5 \text{ mm}/10^8 \text{ sejt/ml}$ ) és a H4 ( $7,5 \text{ mm}/10^8 \text{ sejt/ml}$ ) izolátum mutatta (4. ábra).



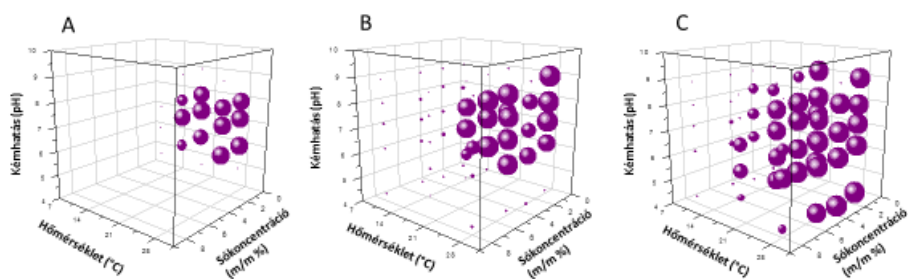
4. ábra. . Izolátumok (10 db) sziderofór termelő képessége króm-azurool-S (CAS) indikátort tartalmazó táptalajban kapott elszíneződési zóna mérete alapján

Az exopoliszacharid (EPS) termelés vizsgálata során 16 nagy mennyiségben EPS-t termelő törzset válogattunk ki. A legnagyobb mennyiségben kapott exopoliszacharid terméket a Ps1 ( $26 \text{ mg/ml}/10^8 \text{ sejt}$ ), a Ps2 (*Pseudomonas caryophylli*,  $32 \text{ mg/ml}/10^8 \text{ sejt}$ ), a Pae1 (*Paenibacillus peoriae*,  $33,1 \text{ mg/ml}/10^8 \text{ sejt}$ ) és Pae2 ( $31 \text{ mg/ml}/10^8 \text{ sejt}$ ) törzsek mutatták (5. ábra).



**5. ábra. Kilenc izolátum exopoliszacharid termelése izopropanolos kicsapás után kapott szárazanyagcsúlya alapján**

A felsorolt növényi növekedésserkentő, biokontroll hatású és talaj aggregátum képző vizsgálatok alapján kiválogattuk a leghatékonyabb törzseket. Ezek között olyan törzsek találhatóak, melyek egyaránt képesek hatékony nitrogénkötésre, és/vagy foszfát-mobilizálásra, és/vagy poliszacharid-, és/vagy sziderofór- és/vagy IAA termelésre. A stressztűrőképességi vizsgálatok alapján osztályoztuk és csoportokba rendeztük az izolátumokat. A különböző kémhatás, sókoncentráció és hőmérséklet mellett tenyésztett baktériumokat szüktűrésű, specifikus tűrőképességű és tágtűrésű csoportokba soroltuk. Példaként a szüktűrésű csoportba sorolt Azo1 (*Azospirillum brasilense*), a lúgos körülményeket kedvelő specifikus csoportba sorolt S211 (*Kocuria rosea*) és a tágtűrésűekhez tartozó Rou1 (*Routella terrigena*) izolátumok szaporodását mutatjuk be különböző kémhatáson, hőmérsékleten és sókoncentráció mellett Nutrient Broth (Oxoid®) tápoldatban az alábbi 6. ábrán.

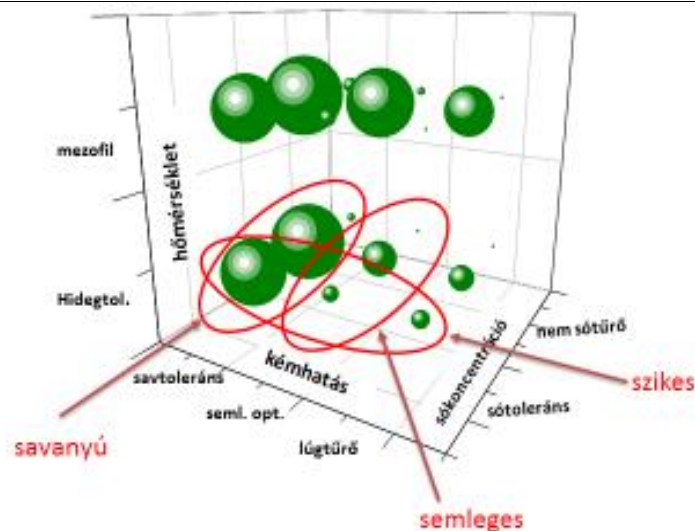


**6. ábra. Azo1, S211 és Rou1 izolátumok szaporodásának mértéke (gömb mérete) különböző kémhatás, sókoncentráció és hőmérséklet mellett tenyésztve. A: Azo1 szüktűrésű csoportba sorolt törzs. B: S211 lúgos körülményeket kedvelő specifikus csoportba sorolt törzs. C: Rou1 tágtűrésű csoportba sorolt törzs.**

Ezután három, kémhatás és sóterhelés szerint általunk felállított talajtípus kategória – savanyú, szikes és semleges – alapján is értékeltük valamennyit, feltételezve, hogy ezekben képesek optimálisan szaporodni és hatásaikat kifejteni (7. ábra).



## Kedvezőtlen talajkémhatást és sóviszonyokat mutató, degradálódott talajokhoz alkalmazkodott stressztűrő baktériumok szelektálása és törzsgyűjtemény létrehozása



**7. ábra.** Az izolált baktériumtörzsek környezeti stressztűrő képességének ábrázolása. (A gömbök mérete arányos a stressz körülmények között jól szaporodó törzsek számával. A diagramon a savanyú, semleges és szikes kategóriákhoz rendelt törzscsoportokat ábrázoltuk.)

A savanyú és lúgos kémhatást egyaránt toleráló és a semleges kémhatást kedvelő magas sókoncentrációt elviselő, hidegtűrő törzseket a szikes talajtípus kategóriába soroltuk, melybe sóterhelt lúgos kémhatású karbonátos szoloncsák, savanyú kémhatású réti szolonyeces talajok valamint savanyú feltalajú szikesek és másodlagosan elszikesedett területek –melyekben savanyú körülmények is előfordulnak – egyaránt rendelhetők. A savanyú kémhatáson szaporodó, hidegtűrő törzsek a sótoleranciától függetlenül is képesek lehetnek savanyú agyagbemosódásos barna erdő-, savanyú homok-, savanyú réti- és öntéstalajokon a megtelepedésre és aktivitásuk kifejtésére. A gyengén savanyú és semleges csernozjom talajokon a kémhatás változására érzékeny, egyaránt nem sótűrő és sótoleráns, hidegtűrő törzsek is képesek lehetnek szaporodásra és aktivitásuk optimális kifejtésére. (7. ábra)

### Következtetések

A vizsgálati rendszer szerinti osztályozás alapján a legalkalmasabb 26 db törzsre szűkítettük a stressztalajok oltására alkalmas – stressztűrő: savanyú, lúgos, sós-szikes, hideg viszonyok – nitrogénkötő, foszfátmobilizáló, sziderofor-, növényi hormon-, és poliszacharid termelő törzsek számát. A törzsek savanyú, savanyú sóterhelt, semleges és lúgos-sóterhelt stressztalajokra adaptált talajoltóanyagok összeállításának alapjául szolgálhatnak. A szikes talajtípus kategóriába sorolt törzsek között lúgos körülményeket kedvelő *Azospirillum* nemzetségbe tartozó fitohormon-termelő és nitrogénkötő, lúgos és semleges környezetben szaporodóképes fitohormon-termelő *Kocuria* és tágtűrésű (savanyú és lúgos környezetben egyaránt szaporodóképes) *Pseudomonas* nemzetségű, valamint sótoleráns, tágtűrésű *Arthrobacter* foszfátmobilizáló és sziderofortermelő baktériumok törzsek vannak. A savanyú talajtípus kategóriához sorolt törzsek között van savanyú körülményeket toleráló *Azospirillum brasilense*, tágtűrésű *Bacillus* és

*Pseudomonas* nemzetségekhez tartozó foszfát és sziderofor termelő törzsek, valamint savanyú toleráns foszfátmobilizáló és fitohormon-termelő *Agreia pratensis* és exopoliszacharid termelő *Paenibacillus* törzsek is. A semleges talajtípus kategória átfedést mutat az előbb említett kategóriákkal, valamint hatékony növényi növekedésserkentő, de szűktűrűsű *Azospirillum* törzseket tartalmaz.

### Köszönetnyilvánítás

A projekt a „Talajoltóanyag és bioszén kombinált alkalmazása leromlott talajokra” (HU09-0029-A1-2013) című projekt keretében a Norvég Finanszírozási Mechanizmus 2009-2014, Zöld Ipari Innováció Program támogatásával valósul meg.

### Irodalomjegyzék

- BAGWELL, C.E., PICENO, Y.M., ASHBURNE-LUCAS, A. & LOVELL, C.R. (1998): Physiological diversity of the rhizosphere diazotroph assemblages of selected salt marsh grasses. *Appl. Environ. Microbiol.* 64 (11): 4276-82.
- BIRÓ, B. (2016): A talajok precíziós „baktérium trágyázásának” lehetőségei és alapelvei. *Agro Napló.* 9: 65-68.
- BURRIS, R.H. (1972): Nitrogen fixation - assay methods and techniques. *Methods Enzymol.* 24: 415-431.
- CAMPBELL, R. & GREAVES, M.P. (1990): Anatomy and community structure of the rhizosphere. Lynch, JM (ed.) *The Rhizosphere.* John Wiley and Sons, p. 11-34.
- CAPLAN, J.A. (1993): The worldwide bioremediation industry: prospects for profit. *Trends in Biotechnol.* 11 (8): 320–323.
- DUA, M., SINGH, A., SETHUNATHAN, N. & JOHRI, A.K. (2002): Biotechnology and bioremediation: successes and limitations. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 59: 143–152.
- GLICK, B.R. (2004) Bacterial ACC deaminase and the alleviation of plant stress. *Adv. Appl. Microbiol.* 56: 291–312.
- GODÓ, Z. (2011): Agro-ökológia. Digitális Tankönyvtár.
- KENNEDY, I.R., CHOUDHURY, A.T.M.A. & KECSKÉS, M.L. (2004): Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? *Soil Biol. Biochem.* 36: 1229-1244.
- KLOEPPER, J.W. (1994): Plant growth promoting rhizobacteria. In: Y. Okon (ed.) *Azospirillum/Plant Associations.* CRC Press. 137-166.
- KUTASI, J., KOVÁCS, R., IMRE, CS., PÉK, N., SZKLADÁNYI, S., ERDÉLYI, B. & KÁRPÁTI, É. (2014): Stressz-talajok oltására szolgáló talajbaktériumok. HUP1400062, WO2015/118516 A1 Soilbacteria for inoculating stress soils. <https://patentscope.wipo.int/Accessed>: 10.03.2017.
- MATICS, H. & BIRÓ, B. (2015): History of soil fertility enhancement with inoculation methods. *J. Centr. Eur. Agric.* 16(2): 231-248.

## **Kedvezőtlen talajkémhatást és sóviszonyokat mutató, degradálódott talajokhoz alkalmazkodott stressztűrő baktériumok szelektálása és törzsgyűjtemény létrehozása**

---

MUTHUSAMY, A.K., KANAPATHI T.K.A. & KARUPPIAH P. (2011): Production and characterization of exopolysaccharides (EPS) from biofilm forming marine bacterium. Braz. Arch. Biol. Technol. 54(2): 259-265.

NEILANDS, S (1987) Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. Analyt. Biochem. 160(100): 47-56.

OKON, Y., ALBRECHT, S.L. & BURRIS, R.H. (1977): Methods for growing *Spirillum lipoferum* and for counting it in pure culture and in association with plants. Appl. Environm. Microbiol. 33(1): 85-88.

OLDAL, B., JEVCSÁK, I. & KECSKÉS, M. (2002): A sziderofortermelő képesség szerepe *Pseudomonas* törzsek növénypatogén-antagonista hatásának biológiai vizsgálatában. Biokémia 26: 57-63

PENROSE, D. & GLICK, B. (2003): Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. Physiol. Plant. 118(238) 15-20.

SOUZA, R., AMBROSINI, A. & PASSAGLIA, L.M.P. (2015): Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. Genet. Molecul. Biol. 38 (4): 401-419.

STEFANOVICS, P., FILEP, GY. & FÜLEKY, GY. (1999) Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest

SUGARMAN, P. & JANARTHANAM, B. (2007): Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth, World J. Agric. Sci. 3 (3): 350-355.

TIEN, T. M., GASKINS, H.M. & HUBBEL, D.H. (1979): Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum L.*). Appl. Environ. Microbiol., 37: 1016-1024.

VESSEY, J. K. (2003): Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255 (2): 571-586.



### A mezőgazdaságban leggyakrabban alkalmazott néhány xenobiotikum hatása a Phylazonit készítmények baktérium törzseire

Oláh Nikolett, Demendi Tünde, Vajda Péter, Balázs Sándor

Agrova Kft. 4400 Nyíregyháza, E-mail: [balazsy.sandor@phylazonit.hu](mailto:balazsy.sandor@phylazonit.hu)

#### Összefoglalás

A modern mezőgazdasági gyakorlatban egyre nagyobb jelentősége van a talajéletet, valamint a termesztett növények terméshozamát növelő, a növények egészségi állapotát támogató mikrobiológiai készítmények alkalmazásának. Kutatásaink során tanulmányoztuk, hogy 10 műtrágya, 1 gombaölő-, 4 rovar- és gyomirtó szer különböző koncentrációi (0, 10x-es és 100x-os hígításban) milyen hatást fejt ki a Phylazonit Talajoltó, Tarlóbontó és Talajregeneráló készítmények *Pseudomonas putida*, *Ps. fluorescens*, *Bacillus megaterium*, *B. circulans*, *B. subtilis* és *Azotobacter chroococcum* baktérium törzseire. Az agardiffúziós lyukteszt módszer eredményei alapján megállapítottuk, hogy a tanulmányozott 10 műtrágya közül a Pétisol a *P. putida* és a *B. circulans*, a Radistart FL a *B. megaterium* és a *B. circulans* törzsek szaporodását gátolta, a többi készítmény nem váltott ki gátló hatást. A tritikonazol hatóanyagú Premis 25 FS gombaölő egyetlen baktérium törzs szaporodását sem gátolta. A gyomirtó szerek közül az s-metolaklór hatóanyagú Dual Gold 960 EC mindegyik tanulmányozott baktériumot, a fluorkloridon hatóanyag tartalmú Racer 25 EC a *B. megaterium* és a *B. circulans* szaporodását gátolta. A rovarölő szerek közül a klórpírifosz hatóanyagot tartalmazó Cyren mindegyik vizsgált baktérium, az imidakloprid tartalmú Confidor az *A. chroococcum*, a *B. circulans* és a *B. megaterium* szaporodását gátolta laboratóriumi körülmények között. A kapott eredmények az alkalmazások specifikusságára is rávilágítanak.

#### Summary

Application of microbiological biofertilizers has significant role in modern agricultural practices. These products might enhance crop yield and optimise the health of plants. The effect of 10 fertilizers, 1 fungicide, 4 insecticides and herbicides were studied (in 0, 10x, and 100x dilution rates) on Phylazonit biofertilizers' (Talajoltó: -for soil inoculation; Tarlóbontó: -for stubble degradation, Talajregeneráló: -for soil regeneration) bacteria strains (*Pseudomonas putida*, *Ps. fluorescens*, *Bacillus megaterium*, *B. circulans*, *B. subtilis* and *Azotobacter chroococcum*). Agar-plate-well diffusion method was applied in the study. The growth of *Ps. putida* and *B. circulans* was prevented by Pétisol, the growth of *B. megaterium* and *B. circulans* was prevented by Radistart FL, as far as the 10 tested chemical fertilizers are concerned. Other tested fertilizers were non-effective. The growth of tested bacterium strains was not prevented by the fungicide Premis 25 FS (triconazole). The herbicide Dual Gold 960 EC (s-metolachlor) is effective to the growth of tested bacteria, the growth of *B. megaterium* and *B. circulans* was prevented by the herbicide Racer EC (fluorchloridon). The growth of tested bacteria was reduced by the insecticide Cyren (chlorpyrifos), the growth of *A. chroococcum*, *B. circulans* and *B. megaterium* was inhibited by the insecticide Confidor (imidacloprid) *in vitro*. Those results might be considered at the potential agricultural application.

---

## Bevezetés

A Földön, az elmúlt évtizedekben a populáció rohamos növekedése és az óriási élelmiszer szükséglet mezőgazdasági tömegtermeléshez vezetett. Mindezek hatására jelentősen megnőtt a különböző műtrágyák és növényvédő szerek használata. A mezőgazdasági xenobiotikumok, agrokemikáliák alatt mesterségesen, ipari úton előállított szervesetlen anyagokat, azaz műtrágyákat, valamint a kémiai növényvédelem során kijuttatott szereket – peszticideket - értjük (DOMOKOS et al., 2012; PARNEL et al., 2016; SÁRDI, 2011).

A mai modern mezőgazdasági gyakorlatban már elengedhetetlen a műtrágya használat a kultúrnövény optimális fejlődéséhez, a kedvező termésátlagok eléréséhez, a növény által felvett elemek visszapótlásához és a talaj termékenységének megőrzése miatt. A gyakrabban alkalmazott műtrágyák az összetett, különböző hatóanyag koncentrációjú NPK (nitrogén- foszfor- kálium) műtrágyák. A műtrágyák egy része már a növények számára nélkülözhetetlen mikroelemeket is tartalmazza (SÁRDI, 2011).

A környezettudatosságot és fenntarthatóságot előtérbe helyező integrált mezőgazdasági termelésben a műtrágyák mellett a szerves-, a zöldtrágyázás, valamint a mikrobiológiai készítményekkel történő talajoltás is egyre kiemelkedőbb szerepet kap. A magyarországi vállalkozások számottevő része ötvözi a klasszikus gazdálkodást a fent említett szemlélettel (BALÁZSY et al., 2012).

A mikrobiológiai készítményeket közel 120 éve alkalmazzák világszerte a mezőgazdaságban, viszont használatuk az elmúlt időszakban kapott nagyobb figyelmet. A talajoltásra alkalmazott mikroorganizmusok a következő évtizedekben forradalmasítják az agráriumot (NOBBE & HILTNER, 1896; REID & GREENE, 2013).

Ma a fenntartható mezőgazdasági termelés nem valósulhat meg növényvédelmi kezelések nélkül (SÁNDOR et al., 2015). Óriási károkat, termés kiesést, állományvesztést okozhatnak a felszaporodott kártevők, kórokozók, illetve gyomnövények. A vizsgálatainkba bevont műtrágyák és peszticidek a Magyarországon leggyakrabban alkalmazott készítmények közé tartoznak.

Az imidakloprid szisztemikus, kloronikotinil inszekticid. A talajban hosszú ideig perzisztens, felezési ideje nagyjából 229 napra tehető (CYCOŇ et al., 2015A; CYCOŇ et al., 2015B; WANG et al., 2014; ZHANG et al., 2015). Az 1960-as évek óta elterjedt klórpírifosz széles spektrumú, organofoszfátok csoportjába tartozó, a kártevők kontrolljára használt rovarölő szer. A mezőgazdasági szektor extenzíven alkalmazza (AKBAR & SULTAN, 2016; SHAN et al., 2006). MEDO et al., (2015) vizsgálatai alátámasztják, hogy a klórpírifosz hatóanyag negatív hatást gyakorol a  $\alpha$ - és  $\gamma$ - Proteobacteria osztályba tartozó baktériumokra, mint a *Pseudomonas putida* és *Ps. fluorescens* baktériumokra is. A fluorkloridon (FLC) és s-metolaklór hatóanyagokat magról kelő egyszikű és kétszikű gyomnövények irtására fejlesztették ki (SHI et al., 2016). A tritikonazol konazol típusú csávázószer, amely kontakt és szisztemikus módon hat a fertőző gombákra. A fungicid hatásmechanizmusát a kórokozók ergosterol bioszintézisének gátlásán keresztül fejti ki (RAVETON et al., 1999). Az említett növényvédő szerek többsége nem specifikus, így a mikrobiális oltóanyagok baktériumait is károsíthatják, ennek következtében indokolttá vált a peszticidek hatásának vizsgálata a Phylazonit baktérium törzseit illetően.

A növényvédő szereket és műtrágyákat gyártó cégek nem térnek ki arra, hogy a talajban élő mikroorganizmusokra hogyan hatnak termékeik. A Phylazonit termékcsalád készítményei talajból izolált baktériumokat tartalmaznak, így felmerül a kérdés, hogy mi

## A mezőgazdaságban leggyakrabban alkalmazott néhány xenobiotikum hatása a Phylazonit készítmények baktérium törzseire

történik velük akkor, ha műtrágyákkal, illetve növényvédő szerekkel kerülnek kontaktusba.

Sokmenetes műveléskor, a nagy gépekkel történő többszöri terhelés súlyos taposási károkat okoz, amely a talaj tömörödéséhez, kedvezőtlen állapotához vezet. A felvetett probléma kiküszöbölése céljából a gyakorlatban igyekeznek egy menetben több művelési eljárást, növényvédelmi és tápanyag-utánpótlási kezelést megvalósítani (SCHMIDT 2011).

A különböző összetételű szereket és mikrobiológiai talajoltók az egymentes kijuttatáshoz közös tartályba töltik, ezért az esetleges csapadékképződés megállapításához szükséges elvégezni a keverési próbákat.

### Anyag és módszer

Vizsgálatainkban tíz Magyarországon kereskedelmi forgalomban kapható műtrágya, egy peszticid, valamint 2-2 fungicid és herbicid hatását vizsgáltuk a Phylazonit Talajoltó, Tarlóbontó és Talajregeneráló mikrobiológiai készítmények baktérium törzseinek szaporodására laboratóriumi kísérletekben (1. táblázat).

**1. táblázat. A Phylazonit mikrobiológiai készítmények baktérium összetétele**

Készítmény neve	Baktériumok
PHYLAZONIT Talajoltó	<i>Azotobacter chroococcum</i> , <i>Bacillus circulans</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>Pseudomonas putida</i>
PHYLAZONIT Talajregeneráló	<i>Bacillus megaterium</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>P. putida</i>
PHYLAZONIT Tarlóbontó	<i>Azotobacter chroococcum</i> , <i>Bacillus circulans</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>Pseudomonas putida</i>

Keverési próbában vizsgáltuk a zavarosodás mértékét, amely a gyakorlati alkalmazáskor a kijuttató szerkezetek eltömődéséhez vezethet. A szántóföldi tankmix keverékeknek megfelelő keveréket állítottuk össze laboratóriumi körülmények között (2-3. táblázat). A keverést követően vizsgáltuk, hogy kicsapódás, zavarosodás, csomósodás történt-e a keverékekben.

**2. táblázat. A vizsgált peszticidek, herbicidek, fungicid és a Phylazonit mikrobiológiai készítmények tankmix összetétele**

Hatóanyag neve	Hatás	Hatóanyag tartalom [g/l]	Növényvédő szer adag [ml]	Talajoltó/Tarlóbontó/Talajregeneráló adag [ml]
imidakloprid	peszticid	200 g/l	1,75 ml + 28,25 ml víz	20 ml
klórpirifosz		480 g/l	1,5 ml + 300 ml víz	15 ml
s-metolaklór	herbicid	960 g/l	1,4 ml + 200 ml víz	15 ml
fluorkloridon		250 g/l	2 ml + 250 ml víz	15 ml
tritikonazol	fungicid	25 g/l	keverési próba nem szükséges	

Agardiffúziós lyukteszt módszerrel tanulmányoztuk a vizsgálatba vont xenobiotikumoknak a hatását a Phylazonit baktérium törzseinek szaporodására.

A baktériumokat folyékony és szilárd táptalajokon teszteltük. A *Bacillus circulans*, *B. megaterium* és *B. subtilis* törzseket Nutrient táptalajon - 1 g élesztőkivonat, 5 g pepton, 5 g NaCl, 2 g húskivonat, 15 g agar, 1000 ml desztillált víz (BALÁZSY et al. 2002) - vizsgáltuk. A *Pseudomonas fluorescens* és *Ps. putida* törzseket King B táptalajon - 20 g pepton, 1,5 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 1,5 g MgSO<sub>4</sub>, 10 ml glicerin, 15 g agar és 1000 ml desztillált víz (KING et al. 1954) - tenyésztettük. Az *Azotobacter chroococcum* baktérium tenyésztésekor Jensen - 20 g szacharóz, 1 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,5 g MgSO<sub>4</sub>, 0,5 g NaCl, 0,1 g FeSO<sub>4</sub>, 2 g CaCO<sub>3</sub>, 15 g agar, 1000 ml desztillált víz (JENSEN 1942) - szilárd és folyékony táptalajokat használtunk.

### 3. táblázat. A vizsgált műtrágyák és Phylazonit mikrobiológiai készítmények tankmix összetétele

Műtrágya neve	Műtrágya adag [ml], [g]	Talajoltó/Tarlóbontó/ Talajregeneráló adag [ml]
L.A.T. Supremo 20-20-20	3 g + 1000 ml víz	10 ml
L.A.T. Supremo 15-5-30	3 g + 1000 ml víz	10 ml
L.A.T. Supremo 10-50-10	3 g + 1000 ml víz	10 ml
L.A.T. Supremo 8-14-41	3 g + 1000 ml víz	10 ml
OMEX Starter	5 g + 1000 ml víz	15 ml
Pétisol	20 ml	20 ml
Radistart FL	10 ml	10 ml
Radistart Turbo	keverési próba nem szükséges	
Terrasol	20 ml	20 ml
Yara Míla Starter	keverési próba nem szükséges	

A folyadék kultúrákat 24 órán át 28 °C-on 160 rpm-en rázattuk. Az agar lemezekre 100 µl baktérium tenyészetet szélesztettünk, ezt követően steril dugófüróval 3 db 10 mm átmérőjű lyukat fúrtunk. Minden egyes szer, mindhárom koncentrációjának hatását három ismétlésben vizsgáltuk meg.

A tömény, tízszeresére és százszorosára hígított műtrágyákból és növényvédő szerekből 200 µl-t mértünk egy-egy lyukba, ezután 28 °C-os termosztátba helyeztük a Petri-csészéket. 24 és 48 óra elteltével értékeltük a lemezeket. Az eredmények a 48 órás inkubációt követő ellenőrzés végleges adatait mutatják be.

### Eredmények és értékelésük

A műtrágyák, növényvédő szerek és a Phylazonit mikrobiológiai készítmények szántóföldi, egy menetben történő kijuttatását megelőzően, laboratóriumi körülményekhez igazított mennyiségekkel modelleztük a tankmixeket, illetve ellenőriztük, hogy az adott szer befolyásolja-e a mikroorganizmusok szaporodását.



## A mezőgazdaságban leggyakrabban alkalmazott néhány xenobiotikum hatása a Phylazonit készítmények baktérium törzseire

A vizsgálatokban tíz kereskedelmi forgalomban kapható műtrágya keverési próbáit végeztük el, melynek nagy része jól keverhető laboratóriumi körülmények között a Phylazonit termékekkel. A Radistart FL nevű makro- és mikroelemeket is tartalmazó műtrágya Phylazonittal való keverésekor azonnal zavarosodást észleltünk, így ezek egy tartályban történő használatát nem ajánljuk, mert a speciális kijuttató szerkezet fűvókáit eltömíthetik.

A Radistart Turbo és Yara Mila Starter műtrágyákkal nem végeztünk keverési próbát, ugyanis ezeket nem keverik össze a Phylazonittal.

Az imidakloprid és a klórpírifosz hatóanyagú rovarölő szerek egyike sem keverhető a Phylazonit készítményekkel, azonnali kicsapódást figyeltünk meg.

A kísérletekbe két herbicidet is bevontunk. Az s-metolaklór hatóanyagú szer Phylazonittal való keverését az azonnali zavarosodás miatt nem javasoljuk. Fluorkloridon hatóanyagú gyomirtó szer és a Phylazonit baktériumtrágya ugyanazon tankban használható a növényvédő-szer kezelés ideje alatt. A tritikonazol hatóanyagot tartalmazó gombaölő szerrel nem végeztünk keverhetőségi tesztet, mivel nem öntik össze a baktérium készítményekkel (4. táblázat).

**4. táblázat. A vizsgált műtrágyák, növényvédő szerek és a Phylazonit mikrobiológiai készítmények keverési próbájának eredményei**

Műtrágya neve	Keverhetőség ✓: igen X: nem	Műtrágya neve	Keverhetőség ✓: igen X: nem
L.A.T. Supremo 20-20-20	✓	Pétisol	✓
L.A.T. Supremo 15-5-30	✓	Radistart FL	X
L.A.T. Supremo 10-50-10	✓	Radistart Turbo	-
L.A.T. Supremo 8-14-41	✓	Terrasol	✓
OMEX Starter	✓	Yara Mila Starter	-
<b>Növényvédő szer</b>	<b>Keverhetőség</b>	<b>Növényvédő szer</b>	<b>Keverhetőség</b>
imidakloprid	X	fluorkloridon	✓
klórpírifosz	X	tritikonazol	-
s-metolaklór	X		

Az agar-diffúziós lyukteszt módszerrel megállapítottuk a különböző műtrágyák és növényvédő szerek hatását a Phylazonit termékek baktérium törzseire.

A megvizsgált műtrágyák nagy része nem befolyásolta a baktériumok szaporodását. A Pétisol és Radistart FL viszont gátló hatást fejt ki. A Pétisol a *B. circulans* és a *Pseudomonas putida*, a Radistart FL szintén a *B. circulans*, továbbá a *B. megaterium* szaporodását gátolta (1. ábra).

Az imidakloprid hatóanyagú rovarölő szer az *Azotobacter chroococcum*, a *B. circulans* és a *B. megaterium* körül képezett kioltási zónát. ZHANG et al., (2015) eredményei is bizonyítják, hogy az imidakloprid hatására a talajbaktériumok diverzitása csökken. CYCON et al., 2015a; 2015b) vizsgálatai szerint a nitrogénfixáló baktérium a legérzékenyebb az imidaklopridra, amely alátámasztja az eredményeinket, miszerint a légköri nitrogéntkötő *A. chroococcum* nem szaporodott a hatóanyag jelenlétében.

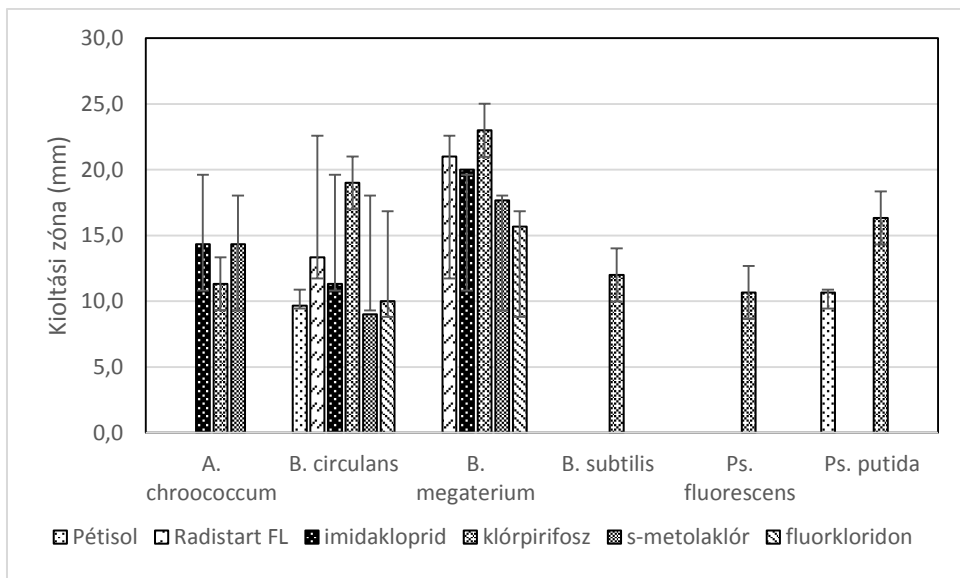
Hasonló összehasonlítást végzett BIRÓ (2006) is, aki pillangós növények oltására alkalmas nitrogénkötő *Rhizobium* és *Pseudomonas* baktériumokat hasonlított össze különféle peszticidekkel szemben. Megállapította, hogy a nitrogén-kötők érzékenysége nagyobb, összehasonlítva a rhizoplánból izolált növénynövekedésserkentő *Pseudomonas* baktériumokkal. Ez a következtetés korábban a nehézfémek összehasonlító tesztelésénél is megállapítást nyert a kétféle mikrobacsoportra vonatkoztatva (BIRÓ et al., 1995)

A másik vizsgált peszticid hatóanyaga, a klórpírifosz a Phylazonit által tenyésztett baktérium törzsek mindegyikét gátolta a szaporodásban. Jelentős átmérőjű kioltási gyűrűket mértünk a lyukak körül. Az 1. ábra jól prezentálja a három ismétlésből kapott átmérők átlagát mm-ben megadva, illetve a hozzájuk tartozó szórásokat is.

Az s-metolaklór hatóanyag tartalmú gyomirtó szer az *A. chroococcum*, a *B. circulans* és a *B. megaterium* törzsekre hatott negatívan, a fluorkloridon hatóanyagú herbicid is ezen baktériumok sejtosztódását gátolta, kivéve a nitrogén-fixáló *A. chroococcum*-ot.

A tritikonazol hatóanyagú gombaölő szer jól alkalmazható a baktérium készítményekkel, kioltási zónákat nem tapasztaltunk ebben az esetben.

A kapott eredmények alapján megállapítottuk, hogy a Phylazonit mikrobiológiai készítmény baktérium törzsei közül a *Bacillus* nemzetség tagjai, a *B. circulans* és a *B. megaterium* kifejezetten érzékeny a megvizsgált mezőgazdaságban alkalmazott xenobiotikumokra. A klórpírifosz hatóanyag mikroorganizmus szaporodást gátló tulajdonsága egyértelműen megállapítható, amit SHAN et al., (2015) is igazoltak.



1. ábra. A Phylazonit készítmények baktérium törzseit gátló műtrágyák és növényvédő szerek által kiváltott kioltási zónák átmérőinek átlaga (mm) és szórása

## A mezőgazdaságban leggyakrabban alkalmazott néhány xenobiotikum hatása a Phylazonit készítmények baktérium törzseire

---

### Következtetések

A korszerű, precíziós mezőgazdaság gyakorlatába integrálódott a szerves trágyázás, a zöldtrágyázás, a műtrágyázás és a mikrobiológiai talajoltás is egyaránt, valamint a növényvédő szerek használata sem hagyható el. Ugyanakkor a szakemberek számára szükséges információ a vizsgált szerek és a mikrobiológiai készítmény együttes használata során bekövetkező esetleges keverési anomáliák, antimikrobiális hatások ismerete. A laboratóriumi eredmények általában gyakorlati információkat közölnek, és a szakemberek számára fontos technológiai kérdésekre is választ adhatnak.

A kapott eredmények felhívják a figyelmet arra, hogy a gyakorlati alkalmazás során a baktériumtrágyák és a vizsgált kemikáliák együttes alkalmazásánál milyen tényezőket szükséges figyelembe venni.

### Irodalomjegyzék

- AKBAR S. & SULTAN S. (2016): Soil bacteria showing a potential of chlorpyrifos degradation and plant growth enhancement. *Braz. J. Microbiol.* 47(3): 563–570.
- BALÁZSY S., BARTÓK T., BENEDEK SZ., BIRÓ B., KERESZTES ZS., MÁTÉ S., SZÉCSI Á. & ZÁSZLÓS T. (2012): A beforgatott jövő. Phylazonit Kft. p. 36-39.
- BALÁZSY S., D. TÓTH M., NAÁR Z. & SZOVÁTI I. (2002): Mikrobiológiai gyakorlatok. Bessenyei György Könyvkiadó. p. 143.
- BIRÓ B. (2006): A környezeti állapot megőrzésének, indikálásának és helyreállításának mikrobiológiai eszközei a növény-talaj rendszerben. Rhizobiológia, rhizoökológia, rhizotechnológia. DSc. értekezés és tézisei, pp. 105+28. MTA, Budapest
- BIRÓ B., BAYOUMI H.E.A.F, BALÁZSY S. & KECSKÉS M. (1995): Metal sensitivity of some symbiotic N<sub>2</sub>-fixing bacteria and *Pseudomonas* strains. *Acta Biol. Hung.*, 46: 9-16.
- CYCON M. & PIOTROWSKA-SEGET, Z (2015A): Biochemical and microbial soil functioning after application of the insecticide imidacloprid. *J. Environm. Sci.* 27:147-58.
- CYCON M. & PIOTROWSKA-SEGET, Z (2015B): Community structure of ammonia-oxidizing Archaea and ammonia-oxidizing bacteria in soil treated with the insecticide imidacloprid. *Biomed. Res. Int.* 582938.
- DOMOKOS E., NÉMETHY S. & KÁRPÁTI Á. (2012): A mezőgazdaság környezeti hatásai. Pannon Egyetem. p. 39-41., 66-68.
- JENSEN. H. L. (1942) *Pro Line Soc. N.S.W.*, 57,205-212.
- KING E.O., WARD M.K. & RANEY D.E. (1954). *J. Lab and Clin. Med.* 44:301-307.
- MEDO J., MAKOVÁ J., KOVÁCSOVÁ S., MAJERČIKOVÁ K. & JAVOREKOVÁ S. (2015): Effect of Dursban 480 EC (chlorpyrifos) and Talstar 10 EC (bifenthrin) on the physiological and genetic diversity of microorganisms in soil. *J. Environ. Sci. Health B.*50(12): 871-883.
- MOUNYR B., MOULAY S. & SAAD K. I. (2016): Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *J. of Pharm. Analysis* 6: 71–79.
- NOBBE F., & HILTNER L. (1896). Inoculation of the Soil for Cultivating. US Patent 570 813.

---

PARNELL J.J., BERKA R., YOUNG H.A., STURINO J.M., KANG Y., BARNHART D.M. & DILEO, M.V. (2016): From the lab to the farm: An industrial perspective of plant beneficial microorganisms. *Front. Plant Sci.* 7:1110.

RAVETON M., RAVANEL P., ROYER F., SCHNEIDER A., EUVRARD M. & TISSUT M. (1999): Triticonazole distribution in dressed corn caryopsis and seedlings. *J. Agric. Food Chem.* 47(4):1740-1744.

REID A. & GREENE S.E. (2012): How microbes can help feed the World. Report Amer. Acad. Microbiol. Colloqu., Washington, DC.

SÁNDOR ZS., ZSUPOSNÉ OLÁH Á., KÁTAI J. & TÁLLAI M. (2015): Különböző gyomirtó szerek hatása a talaj-mikrobiológiai folyamatokra kisparcellás kísérletben. *Talajvédelem (suppl.)*, p. 59-68.

SÁRDI K. (2011): Tápanyag-gazdálkodás. Pannon Egyetem, Georgikon, Keszthely. p. 1-3., p. 40-52.

SCHMIDT R. (2011): Földműveléstan. Debreceni-, Ny-Magyarországi-, Pannon Egyetem. p. 25-30.

SHAN M., FANG H., WANG X., FENG B. & CHU X.Q., YU Y.L. (2006): Effect of chlorpyrifos on soil microbial populations and enzyme activities. *J. Environ. Sci.*, 18(1):4-5.

SHI J., XIE C., LIU H., KRAUSZ K.W., BEWLEY C.A., ZHANG S., TANG L., ZHOU Z. & GONZALEZ F.J. (2016): Metabolism and bioactivation of fluorchloridone, a novel selective herbicide, in vivo and in vitro. *Environm. Sci. Technol.* 50(17): 9652-9660.

WANG F., YAO J., CHEN H., YI Z. & CHOI M.M. (2014): Influence of short-time imidacloprid and acetamiprid application on soil microbial metabolic activity and enzymatic activity. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 21(17):10129-10138.

ZHANG Q., XUE C. & WANG C. (2015): Effects of imidacloprid on soil microbial communities in different saline soils. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 22(24):19667-19675.

**Különböző talajművelési eljárások hatása a talajok fontosabb biológiai tulajdonságaira**

*Sándor Zsolt<sup>1</sup>, Tállai Magdolna<sup>1</sup>, Zsuposné Oláh Ágnes<sup>1</sup>, Kátai János<sup>1</sup>, Sulyok Dénes<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Debreceni Egyetem Agrokémiai és Talajtani Intézet*

*<sup>2</sup>KITE ZRt, E-mail: zsandor@agr.unideb.hu*

**Összefoglalás**

A talaj felső 25-30 cm-es termőrétegének teljes felületen történő forgatásos (szántásos) művelése jelentős energia-, munka- és költségárfordítással jár, valamint a szántás hatására a talaj a nedvességtartalmát is könnyebben elveszítheti. Az utóbbi években ezért egyre elterjedtebb az úgynevezett sávos művelési mód.

Jelen dolgozatunkban a Debreceni Egyetem Látókép kísérleti telepén beállított különböző talajművelési rendszereket: 1) szántásos lazításos és 2) a szakaszos sávos művelést műholdas helymeghatározó (RTK) rendszerrel tanulmányoztuk. A művelési módok talajbiológiai hatását bemutatva vizsgáltuk a kitenyészhető csíraszámokat, a talajlégzést és a biomassza-C-N mennyiségét öntözött és nem öntözött körülmények között, tavaszi (május) és őszi (szeptemberi) mintázással.

Az eredményeink alapján megállapítható, hogy a hagyományos szántásos (forgatásos) műveléshez viszonyítva a lazításos művelési módok (sávos műveléssel és rendszeres lazítással) kedvezőbb hatást gyakorolnak a talajok mért biológiai tulajdonságaira. A pozitív hatás a legjelentősebbnek a biomassza szén és nitrogén alakulásában volt kimutatható. A lazításos művelések talajában egyes paraméterek értéke több mint 80%-kal javult. A szántáshoz viszonyítva a folyamatos lazításos talajművelés szintén pozitív talaj mikrobiológiai hatásokat eredményezett.

**Summary**

Cultivating the top 25-30 cm soil layer by ploughing cultivating method require considerable energy, labour and other costs, as well as due to the larger soil surface by cultivation, the soil moisture content can be lost easier. Therefore, in recent years the soil loosening cultivation method has become increasingly common method.

In the Experimental Station of Debrecen University, Látókép various cultivation methods are applied for research: 1.conventional loughing,and 2. strip and streaked cultivation method applying satellite determination of position (RTK system). In our paper the total bacterial number, the soil respiration, biomass carbon and nitrogen were measured in irrigated and non-irrigated conditions in order to show the effect of the coil cultivation methods. Soil samples were taken in spring (May) and autumn (September). the soil microbiological effect of the various cultivation methods are compared.

On the bases of result we can state that the loosening cultivation method (strip tillage and loosening) have more favourable effect on the parameters of soil biological activity than the conventional ploughing system. The most significant effect of loosening cultivation system was especially experienced in the changes of biomass carbon and nitrogen, by

more than 80% increase. In relation to ploughing, the loosening system have resulted more positive effects on the other examined biological parameters.

### Bevezetés

A talaj, mint a növénytermesztés alapvető közege a legfontosabb természeti erőforrásunk, védelme fontos, és ezt alátámasztja, hogy hazánk termőterületének közel 50%-án szántóföldi művelés folyik. Az agro-ökoszisztémák részeként a mezőgazdasági területek olyan természeti erőforrások, melyek az emberi szükségleteket kielégítik és ésszerű művelés mellett megújíthatók (CSETE & LÁNG, 2004). Az ember az agro-ökoszisztémában valósítja meg az élelmiszer termelését, de emellett figyelembe kell venni azt is, hogy ezeken a területeken nagymértékű széndioxid kibocsátás vagy elnyelés is történhet a művelési mód függvényében, ami kihatással van a talajban a szén-dioxid és az oxigén termelésre is, valamint a biodiverzitás fontos színtere is.

Az utóbbi években a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatok megismerése előtérbe kerül. Ezek fő célja, hogy megértsük a talaj mikrobiális közösségének szerepét a talajban és a tápanyagok körforgalmában (CHO & TIEDJE, 2000). A különböző természetes technológiák nagymértékben befolyásolják a talaj mikrobiológiai aktivitását (KÁTAI, 2006)

A szántóföldi termelés fontos eleme a talajművelés, mely alatt a talaj különféle eszközökkel való mechanikai alakítását, megmunkálását értjük. A talajművelés elsődleges feladata a talaj levegő- és vízgazdálkodásának javítása és ezáltal a levegő- és víztartalom szabályozása, amely befolyással van a talaj hő- és tápanyag-gazdálkodására, sőt egyéb fizikai-kémiai és biológiai tulajdonságaira is. A talajművelésben két alpművelési forma ismert, a szántásos és a szántás nélküli, amelyek közül ma hazánkban még a forgatásos (szántásos) tekinthető uralkodónak. Ökológiai okokból azonban egyre inkább terjedőben vannak a szántás nélküli talajművelési rendszerek, illetve a kétféle alpműveléshez tortozó kombinált vagy átmeneti módozatok is (BIRKÁS, 2006).

Az intenzív talajművelés általában a talajéletet is aktivizálja, a talajban élő flóra és fauna természetes életközösségeinek a legkülönbözőbb változásaival, hosszabb távon a degradációjával jár. A szerves anyagok mennyiségi csökkenésével a talaj életképessége is változik, általában romlik, ami a talaj termőképességére is kedvezőtlenül hathat. A talajélőlények életterének kiméltése ugyanakkor hozzájárulhat a talajállapot javulásához, mivel közvetve és közvetlenül is számos talajtényezőre vannak pozitív hatással. Mindezekből következik, hogy a talaj biodiverzitásának és funkcionálásának fenntartása érdekében talajvédő művelést kell folytatni. A talajvédő művelés lényege a talaj minél kevésbé történő bolygatása és számos egyéb technika, ami védelmet ad (GYURICZA & MIKÓ, 2015).

A talaj biológiai tulajdonságai nagymértékben meghatározzák a talaj megújulását és a talaj minőségének fontos mutatói (STOTT et al., 1999). Talajban élő mikroorganizmusok nagy szerepet játszanak a szerves anyagok átalakításában és a tápelemek körforgalmában. A talaj biológiai rendszere érzékenyen reagál a környezeti változásokra, különösen a szerves anyag-vesztésre, amit a legjelentősebb agrotechnikai hatás, a talaj művelése is előidézhet. A forgatás nélküli talajművelésnél általában nagyobb a mikrobiális aktivitás, mint a szántásnál (DORAN, 1980; LINN & DORAN, 1984).

## Különböző talajművelési eljárások hatása a talajok fontosabb biológiai tulajdonságaira

---

Cerrado talajon folytatott vizsgálatok is azt bizonyítják, hogy a több éves forgatás nélküli talajművelés hatására a talaj mikrobiológiai tulajdonságai javultak, nőtt a természetes tápanyagforgalom és javult a talaj szerkezete, ami növeli a mezőgazdaság fenntarthatóságát (GREENA et al., 2007). FRANCHINI et al., (2007) vizsgálatai is bizonyították, hogy a talaj mikrobiális biomasza szén és nitrogén tartalma magasabb volt, a forgatás nélküli területen, mint a hagyományos művelésnél. A növénynövekedés-serkentő (PGPR) hatásáról általánosan ismert *Pseudomonas* baktériumok mennyisége a rizoszférában nagymértékben emelkedett a forgatás nélküli gazdálkodás során (AGARAS et al., 2014), ami hatással van a szerves anyagok átalakulására is, és így a folyamatos növénytápláláshoz igény szerint járulhat hozzá. A forgatás nélküli talajművelési rendszerekben a gombahifák hosszabbak és nagyobb a gombák és baktériumok biomasszája is, mint a hagyományos művelésű talajokban (BEARE et al., 1997 és FREY et al., 1999), amely annak is köszönhető, hogy a csökkenő talajbolygatás eredményeként nőtt a talajok nedvességtartalma. A megóvott és kedvezőbb talajnedvesség fokozhatja a talajbiológiai enzim-aktivitást és azon keresztül számos egyéb talajbiológiai folyamatot is, mint például a talaj hőmérséklete és a respiráció (KOTROZÓ et al., 2014). A művelés nélküli direktvetés esetében nőtt a talaj mikroszkopikus gombák diverzitása és a talaj aggregátumok mennyisége, ami arra utal, hogy ha nincs talajművelés, akkor a talajban lévő szerves anyag megőrzése miatt is nagyobb lehet a mikroszkopikus gombák száma és aktivitása, ami indirekt módon is elősegíti a talaj szerkezetességének a javulását, a talaj aggregátum stabilitását és általában a talajminőséget (WANG et al. 2010).

### Anyag és módszer

A kísérlet 2015-ben a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén került beállításra. A technikai háttérrel a KITE ZRT. biztosította. A területen mézlepedékes csernozjom talaj található, nemzetközi osztályozás (WRB) szerint a kísérlet talaja: Calcic Endofluvic Chernozem (Endosceletic).

A vizsgálat területen több művelési rendszert alkalmaznak, több tőszám variációval és növekvő trágyaszintekkel van beállítva. Jelen dolgozatban 1) a hagyományos szántásos, lazításos és 2) a lazításos művelés RTK (Real-Time Kinematic) rendszerrel került vizsgálat alá. Az RTK rendszer lényege az, hogy a műhold segítségével 2 cm pontossággal lehet helymeghatározást végezni. A kapás kultúrák esetében van sorművelés lazítással és a sorköz nincs megművelve. A pontos helymeghatározás lehetővé teszi azt, hogy a sorok minden évben 30 cm-rel tolódjanak el, így csak minden harmadik évben kerül lazításra az adott terület, a többi évben nincs bolygatva. A beállított vizsgálat tartalmaz öntözött és nem öntözött parcellákat is. A vizsgálatok négy ismétlésben véletlen blokk elrendezésben lettek beállítva.

Talajmintát kétszer vettünk május első hetében és szeptember második hetében. A mintákat az 50 ezres tőszámú, közepes trágyalépcsőjű kukorica parcellákból vett átlagminták alkották. Az RTK-ás parcellák esetében mind a lazított sorból, mind a sorközökből is vettünk talajmintát, majd átlagmintákat készítettünk.

A talajok mikrobiológiai jellemzői közül meghatároztuk az összes csiraszámot és a mikroszkopikus gombaszámot, lemezöntéssel, húsleves- és pepton-glükóz-agar táptalajon. Az aerob cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok mennyiségi meghatározásánál az MPN (Most Probable Number = legvalószínűbb élő sejtszám) módszert használtuk, folyékony táptalajon. Az MPN-módszer alkalmazhatóságnak

alapfeltétele, hogy a sejtek eloszlása az alapszuszpenzióban véletlenszerű legyen, vagyis a sejtek a szuszpenzió bármely részében azonos valószínűséggel legyenek megtalálhatók a folyékony táptalajban. A vizsgálat során 5 párhuzamos cső leoltására került sor és a pozitív csövek száma alapján határoztuk meg a legvalószínűbb élőcsíraszám értéket (POCHON et al., 1962).

A talajlégzés intenzitását (talaj széndioxid termelését) a talaj oxigén felvételével és a széndioxid kibocsátásának mérésével lehet meghatározni. A talaj respirációjának vizsgálatakor a talajból felszabaduló CO<sub>2</sub> mennyiségét mértük NaOH oldatos „lúgos csapdázás” alapján (HU et al., 1997).

A biomassza-N meghatározását fumigációs-extrakciós módszerrel végeztük. A talajmintákat kloroformmal fumigáltuk, majd 0,5 mólos K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oldattal extraháltuk. Először a szűrlet összes N-tartalmát határoztuk meg Kjeldahl módszerrel és a fumigált és nem fumigált minta különbségéből számítottuk a biomassza-nitrogént (BROOKES et al., 1985). A mikrobiális biomassza-C tartalmát is a K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> extrahált szűrletből határoztuk meg Mohr-só oldatos titrálással VANCE (1987) módszere alapján.

A nitrátfeltáródás meghatározásánál a behozott talajmintákból frissen, majd két hetes 28 °C-on való inkubálás után határoztuk meg a nitrát-nitrogén mennyiségét (FELFÖLDY, 1987). Értékeléskor: két hetes inkubálás során feltárt nitrát-nitrogénből kivonjuk a kiindulási talaj nitrát-nitrogén tartalmát, amely különbség a nitrátfeltáródás mérőszáma. Denitrifikációs aktivitásnál a behozott talajmintákból frissen, majd két hetes anaerob (víz alatt) 28 °C-on való inkubálás után határoztuk meg a nitrát nitrogén mennyiségét.

A dehidrogenáz aktivitás a talajban élő szervezetek oxidatív aktivitását tükrözi. A dehidrogenáz enzim aktivitását MERSI & SCHINNER (1990) módszere szerint végeztük.

A humusztartalmat és humusz minőséget kolorimetriás módszerrel vizsgáltuk HARGITAI (1988) módszere alapján.

A négy ismétlésben lévő parcellák eredményeiből statisztikai, matematikai módszerekkel meghatároztuk az SzD<sub>5%</sub>-ot, mely segítségével értékelhetjük a művelési módok közötti különbségeket.

### **Eredmények és értékelésük**

Az eredmények értékelésekor a hagyományos forgatásos – szántásos művelési módhoz viszonyítottunk. A talaj humusz tartalma 2,6-2,8 % között változott, egyik esetben sem tapasztaltunk szignifikáns különbséget, melyből arra következtetünk, hogy a mért hatások nem a talaj szervesanyag tartalmának köszönhetőek. Az 1. táblázatban összegeztük a művelési módok hatását a kitenyészhető sejtszámokra. A táblázatból leolvashatjuk, hogy az összes csíraszám a lazításos parcellákban, mind a két időpontban és mind az öntözött mind az öntözetlen parcellákban szignifikánsan csökkent a szántásoshoz viszonyítva. Az RTK-ás parcellák eredményei a tavaszi mintavételben még szignifikánsan nagyobb sejtszámot mutattak, mint a szántásos parcellákban, de ez az őszi mintavételre már nem volt kimutatható. Az eredményekből az is kiderül, hogy a nem öntözött területeken az őszi mintavétel során nagyobb különbségeket tapasztaltunk mint az öntözött területeken. Ez egyértelműen jelzi, hogy a baktériumok mennyiségét a talajok víz-levegő gazdálkodása befolyásolja leginkább.



## Különböző talajművelési eljárások hatása a talajok fontosabb biológiai tulajdonságaira

A mikroszkopikus gombák mennyisége a forgatásos parcellához viszonyítva minden esetben nagyobb volt és az esetek döntő többségében a növekedés szignifikánsnak adódott. Mind az öntözött, mind a száraz területeken a tavaszi különbség volt a kisebb. Hasonló eredményekre jutottunk, mint BEARE et al., (1997) és FREY et al., (1999) hogy a mikroszkopikus gombák micéliumainak fejlődését és ezáltal a spórák képződését leginkább a talajok bolygatása- forgatása határozza meg.

**1. táblázat A különböző művelési módokban mért kitenyészthető csiraszámok egyes fiziológiai csoportoknál öntözött és nem öntözött talajokban (Látókép, Debrecen, 2015 április 01. és szeptember 09.)**

		Baktérium szám *10 <sup>5</sup> db*gtalaj <sup>-1</sup>		Mikroszkopikus gomba szám *10 <sup>3</sup> db* g talaj <sup>-1</sup>		Cellulózsbontó baktériumok *10 <sup>3</sup> db* g talaj <sup>-1</sup>		Nitrifikáló baktériumok *10 <sup>3</sup> db * g talaj <sup>-1</sup>	
		tavaszi	ősz	tavaszi	ősz	tavaszi	ősz	tavaszi	ősz
Öntözött	Szántott	6,13	8,35	21,13	29,33	0,28	2,59	0,60	0,92
	Lazításos	3,83	5,10	22,19	56,36	0,23	0,99	0,36	0,56
	RTK sáv	9,91	5,20	32,46	31,97	0,57	3,19	0,84	1,56
	RTK sávköz	6,46	5,81	27,53	51,38	0,50	1,30	0,47	1,78
	SzD <sub>5%</sub>	0,31	1,22	2,61	5,72				
Nem öntözött	Szántott	4,15	8,71	24,29	31,44	0,36	0,60	0,70	0,76
	Lazításos	2,07	2,47	23,83	62,13	0,09	3,67	0,17	0,28
	RTK sáv	5,23	2,19	32,59	33,43	0,19	0,86	0,72	1,12
	RTK sávköz	5,05	2,08	28,66	52,26	0,35	1,62	0,62	1,75
	SzD <sub>5%</sub>	0,16	0,48	2,56	5,87				

A cellulózsbontó és nitrifikáló baktériumok mennyiségének értékelésekor nem végeztük el a szignifikáns differencia számítását, mert a meghatározás elve statisztikai módszerén alapul (legvalószínűbb sejtszám). A cellulózsbontó baktériumoknál leginkább az figyelhető meg, hogy az őszi mintavétel idején a sejtszám jóval nagyobb, mint a tavaszi mintavételnél volt. A nitrifikáló baktériumok mennyiségében a tavaszi mintavétel során nagy különbség nem tapasztalható a művelési módok között, csak a lazításos művelés esetén mértünk jóval kisebb eredményeket a szántott parcellához viszonyítva. Az őszi mintavételkor ismét alacsonyabb sejtszámot mértünk a lazított területeken. Az RTK -ás parcellákban mind a művelt sor, mind a sorközben a sejtszám jelentősen megemelkedett a forgatásos parcellához viszonyítva. A legnagyobb eredményeket a sorközben mértük.

A mikrobiális biomasza szén mennyisége (2. táblázat) jól mutatja, hogy a nem forgatott parcellákban nagyobb volt a biológiai aktivitás. Az eredményekből kitűnik, hogy őszi mintákban, a sávközökben az öntözött, és az öntözetlen területeken sem mértünk szignifikáns különbségeket, de a többi beállításban szignifikánsan nőtt a mikrobiális biomasza széntartalom. A mikrobiális biomasza nitrogén eredmények hasonló

tendenciát mutatnak, mint a mikrobiális biomassza szén esetében, csak talán még látványosabb a növekedés. A talaj légzése, vagyis a széndioxid termelése mely leginkább a szervesanyagok bomlásából keletkezik, nem mutat nagy különbséget sem a művelési módok, sem az öntözés hatására.

Ha a talajminták nitrát feltárását értékeljük, mely során a nitrifikáló baktériumok által képzett nitrát tartalom növekedését mérjük két hetes inkubáció során, megállapíthatjuk, hogy jelentős növekedést tapasztalunk a szántott műveléshez viszonyítva a lazítási művelés során. Az eredményeket nem befolyásolta a mintavétel ideje sem és az sem, hogy a parcellát öntözték vagy sem.

## 2. táblázat A különböző művelési módokban mért talajbiológiai aktivitások öntözött és nem öntözött talajokban.

(Látókép, Debrecen, 2015 április 01. és szeptember 09.)

		MBC $\mu\text{g C } * \text{g}^{-1}$ talaj		MBN $\mu\text{g N } * \text{g}^{-1}$ talaj		Talajlégzés $\text{mg CO}_2 * 10$ $100\text{g}^{-1} * \text{nap}^{-1}$		Nitrát feltáródás $\text{NO}_3 \text{ mg } *$ $\text{kg}^{-1} \text{ talaj}$		Dehidrogenáz enzim INTF $\mu\text{g } * \text{g}^{-1}$ talaj	
		tavaszi	ősz	tavaszi	ősz	tavaszi	ősz	tavaszi	ősz	tavaszi	ősz
Öntözött	Szántott	117,9	80,6	9,7	2,6	102,3	118,0	9,7	15,5	43,7	39,2
	Lazítás	313,8	189,0	20,7	18,8	112,7	92,4	120,7	29,1	111,6	45,3
	Sáv	319,8	245,3	37,1	14,2	140,6	103,9	54,3	16,4	61,7	37,8
	Sávköz	145,7	84,4	13,6	10,7	112,9	97,5	14,7	14,7	62,6	33,7
	SzD <sub>5%</sub>	21,8	11,3	5,6	1,4	12,8	3,5	9,3	3,7	3,8	2,4
Nem öntözött	Szántott	125,2	73,5	9,8	3,2	93,9	110,6	15,4	15,4	52,7	36,7
	Lazítás	305,1	123,5	20,7	19,3	99,8	101,7	29,4	21,2	96,8	37,6
	Sáv	284,8	178,0	12,3	18,5	124,1	114,8	43,2	11,4	66,3	40,5
	Sávköz	171,8	64,3	18,2	15,5	110,9	101,7	14,5	11,5	71,6	36,9
	SzD <sub>5%</sub>	13,5	8,7	4,3	2,0	11,8	4,5	4,6	2,3	3,8	3,3

## Különböző talajművelési eljárások hatása a talajok fontosabb biológiai tulajdonságaira

3. táblázat Szignifikáns változások a hagyományos (szántásos) műveléshez viszonyítva a talajjelzők és a talajjelzők hatásai

Művelési mód	baktérium szám			gombák szám			cellulózbontó baktérium			nitrifikáló baktérium			biomassza szén		
	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0
öntözött	1	4	1	4	0	2	3	3	0	2	4	0	5	0	1
nem öntözött	2	4	0	4	1	1	4	1	3	2	1	5	1	0	0
Összesen	3	8	1	8	1	3	7	1	5	6	1	10	1	1	1
Művelési mód	biomassza nitrogén			talaj respiráció			nitrát felhalmozás			dehidro-gein			összesen		
	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0
öntözött	5	0	1	1	3	2	4	0	2	4	2	0	29	16	9
nem öntözött	5	0	1	2	2	3	2	1	4	0	2	2	29	16	9
Összesen	10	0	2	3	5	4	7	2	3	8	2	2	58	32	18

Jelmagyarázat: +: pozitív hatás a szántott műveléshez képest; -: negatív hatás a szántott műveléshez képest; 0: nem különbözik a szántottól

A dehidrogenáz enzim aktivitása a mikrobiális redox rendszer és a talaj oxidatív aktivitásának az indikátora. Mivel a dehidrogenáz enzimek csak az élő sejten belül aktívak, ezért az élő mikrobiális biotéma aktivitását mutatja. A dehidrogenázok a sejtek metabolikus reakcióiban alapvető fontosságúak, így az anyagcsere-aktivitás állapotát tükrözik.

A vizsgálati eredményekből egyértelműen kitűnik, hogy tavasszal a dehidrogenáz aktivitás legkisebb értéke a szántott parcella mintájában volt, legmagasabb a lazított kezelésekben, öntözött és öntözetlen körülmények között is. Őszre az aktivitás kiegyenlítődött mind az öntözött mind a nem öntözött parcellákban.

Az összefoglaló (3. táblázat) táblázatból kiderül, hogy a mért paraméterek több mint ötven százalékánál szignifikáns növekedést tapasztaltunk a szántásos műveléshez viszonyítva és csak a paraméterek egyharmadában volt szignifikáns csökkenés. A mikroszkopikus gombák mennyiségére, a BMC és BMN tartalomra a nem forgatásos művelések szignifikánsan pozitívan reagáltak az esetek döntő többségében. Csak az összes csíraszám értékeiben tapasztaltunk nagymértékű szignifikáns csökkenést a szántásos műveléshez viszonyítva.

### **Következtetések**

A hagyományos szántásos (forgatásos) műveléshez viszonyítva a lazításos művelésekből (RTK-rendszer és lazítás) származó talajmintákban a biológiai aktivitás a mért paraméterek alapján általában nagyobb volt.

A lazításos talajművelések pozitív hatása a mikroszkopikus gombák mennyiségében, valamint a biotéma szén és nitrogén tartalom növekedésében volt a legnagyobb mértékben (közel 75%) kimutatható. A lazítás hatására nőtt a mikrobiológiai aktivitás, ami a növényi nagyobb produkción keresztül is javítani tudta a mikrobiális biotéma értékeit. A szántásos talajművelésnél csak az összes kitenyészhetőcsíraszám bizonyult magasabbnak, ami jelzi az erős bolygatásnak a mikroba csíraszámra kifejtett erős aktivizáló hatását. A többi vizsgált paraméternél a csak lazításos művelési módok talajmintáinál találtunk több mint ötven százalékban pozitív talaj mikrobiológiai változásokat az intenzív szántásos műveléshez viszonyítva.

Általánosságban megállapítható, hogy a mért talajbiológiai paraméterekre a művelési módok közvetlen és közvetett módon is hatással vannak.

### **Irodalomjegyzék**

AGARAS, BC., WALL, LG. & VALVERDE, C. (2014): Influence of agricultural practices and seasons on the abundance and community structure of culturable pseudomonads in soils under no-till management in Argentina. *Plant and Soil*, 382 (1-2): 117-131.

BEARE, MH., HU, S., COLEMAN, DC. & HENDRIX, PF. (1997): Influence of mycelial fungi on soil aggregation and organic matter storage in conventional and no-tillage soils. *Applied Soil Ecology*, 5 (3): 211-219.

BIRKÁS M. (2006): *Földművelés és Földhasználat* p. 482. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

## **Különböző talajművelési eljárások hatása a talajok fontosabb biológiai tulajdonságaira**

---

CHO JC. & TIEDJE JM. (2000): Biogeography and degree of endemicity of fluorescent *Pseudomonas* strains in soil. *Applied Environmental Microbiology*, 66 (12):5448-5456.

CSETE L. & LÁNG I. (2004): Agroökoszisztémák, regionalitás és biodiverzitás. AGRO-21 Füzetek. 37: 186–204. Környezet- és Természetvédelmi Lexikon I–II. 2002. Akadémiai Kiadó, Budapest.

DORAN, JW. (1980): Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Science Society of America Journals*, 44: 765–771.

FELFÖLDY L. (1987): A biológiai vízminősítés. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 172-174.

FREY, SD., ELLIOTT, ET. & PAUSTIAN, K. (1999): Bacterial and fungal abundance and biomass in conventional and no-tillage agroecosystems along two climatic gradients. *Soil Biology and Biochemistry*, 31 (4): 573–585.

GREENA, VS., STOTT, DE., CRUZ, JC. & CURI, N. (2007): Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. *Soil and Tillage Research*, 92 (1-2): 114-121.

GYURICZA CS. & MIKÓ .P (2015): Talajművelés és talajélet. *Agrárunió* 16 (5): 28-29.

HARGITAI L. (1988): A talaj szervesanyag-tartalmának meghatározása. In: BUZÁS I. (szerk.): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. 152. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

HU, S. & BRUGGEN van A.H.C. (1997): Microbial dynamics associated with multiphasic decomposition of <sup>14</sup>C-labeled cellulose in soil. *Microbial Ecology*. 33 (2): 134-143.

JENKINSON, DS. (1988): Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: *Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems*. Szerk. J.R. WILSON. CAB International, Wallingford, UK, 368–386.

KÁTAI J. (2006): Changes in Soil Characteristics in a Mono- and Triculture Long-term Field Experiment. *Agrokémia és Talajtan*, 55(1): 183-192

KOTROCZÓ ZS., VERES ZS., BIRÓ B., TÓTH JA. & FEKETE I (2014): Influence of temperature and organic matter content on soil respiration in a deciduous oak forest. *Eurasian Journal of Soil Sciences*, 3: 303-310.

MERSI, W. & SCHINNER, F. (1990): An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with iodinitrotetrazolium chloride. *Biology and Fertility of Soils*, 11 (3): 216–220.

LINN, DM. & DORAN, JW. (1984): Aerobic and anaerobic microbial populations in no-till and plowed soils. *Soil Science Society of America Journal*, 48: 794-799.

POCHON, J. & TARDIEUX, P. (1962): Techniques D' Analyse en Micobiologie du Sol. Collection „Techniques de Base”, p. 102.

TAYLOR-LOVELL S., SIMS, GK. & WAX, LM. (2002): Effects of moisture, temperature, and biological activity on the degradation of isoxaflutole in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5626-5633.

STOTT, DE., KENNEDY, AC. & CAMBARDELLA CA. (1999): Impact of soil organisms and organic matter on soil structure. In: Lal, R. (Ed.), *Soil Quality and Soil Erosion*. CRC Press/Soil and Water Conservation Society, Boca Raton, FL/Ankeny, IA, p. 57-74.

VANCE, E.D., BROOKES, P.C. & JENKINSON D.S. (1987): An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*. 19 (6): 703-707.

WANG, Y., XU, J., SHEN, J. H., LUO, Y. M., SCHEU, S. & KE, X. (2010): Tillage, residue burning and crop rotation alter soil fungal community and water-stable aggregation in arable fields. *Soil & Tillage Research*. 107 (2): 71-79.

### A mikrorespirációs módszer (MicroResp-TM) alkalmazása

<sup>1</sup>Szili-Kovács Tibor, <sup>1,2</sup>Mucsi Márton, <sup>1</sup>Krett Gergely, <sup>1</sup>Takács Tünde, <sup>2</sup>Borsodi Andrea

<sup>1</sup>MTA ATK, Talajtani és Agrokémiai Intézet, 1022 Budapest, Herman O. út 15., e-mail :  
szili-kovacs.tibor@agrar.mta.hu

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK, Biológiai Intézet, Mikrobiológiai Tanszék, 1117  
Budapest, Pázmány P. sétány 1/C

### Összefoglalás

A talaj mikrobiális közösség funkcionális diverzitása a talaj ökoszisztéma szolgáltatások jelentős részéhez hozzájárul, sok esetben meghatározó jelentőségű. Többféle kísérleti és elméleti megközelítés közül a katabolikus aktivitás-mintázat mikrorespirációs - MicroResp(TM) – módszerrel történő megközelítését mutatjuk be. A módszer a régebről ismert szubsztrát-indukált respiráció sok-szubsztrátos, mikrotiter lemez alapú kiterjesztése, amivel a talaj mikroba-közösség in-situ közösségi-szintű fiziológiai mintázata meghatározható. Mivel az egyes mikroorganizmusok szubsztrát-hasznosítása eltérő, a mikroba-közösség aktuális összetételétől, abundanciájától függően változni fog a szubsztrát hasznosítási mintázat egy talajminta esetében. Az alkalmazott szubsztrátok köre tetszőleges, rendszerint egyszerű cukrok, aminosavak, aminok, karbonsavak. A módszer gyors, érzékeny, megbízható, ezért egyaránt javasolható alkalmazásuk tervezett kísérletekben és talajmonitoring programokban.

### Summary

Functional diversity of the soil microbial community participate most of the soil ecosystem services, often they have essential role. Among many theoretical and experimental approaches catabolic activity pattern based on MicroResp<sup>TM</sup> technique is shown here. The method is the extension of the old fashioned substrate induced respiration method to the microplate based multi-substrate induced respiration detection allowing in situ community level physiological pattern of the soil microbial community. As the substrate utilization of the individual microbes may differ, the substrate utilization pattern of the sample depends on the actual composition and abundance of the soil microbial community. Substrates used in this method can be variable mainly simple sugars, amino acids, amines or carboxylic acids are applied. The microrespiration method is rapid, sensitive and reliable therefore it is recommended to use in planned experiments and in soil monitoring programs as well.

### Bevezetés

DEGENS és HARRIS (1997) a talaj mikrobiális közösség funkcionális diverzítésának in situ jellemzésére egy új módszert dolgoztak ki, ami lényegében a szubsztrát indukált respirációs módszer WEST & SPARLING (1986) által kidolgozott változatán alapul. A glükóz mellett számos egyszerű szénforrást alkalmaztak, és a rövid idejű (4 óra) inkubáció során kapott respirációs válaszból az egyes talajok katabolikus-aktivitás mintázata kirajzolható (SZILI-KOVÁCS, 2004). Ezzel a módszerrel arra kapunk választ, hogy a

vizsgált talaj mikrobiális közössége aktuálisan milyen katabolikus aktivitás mintázattal rendelkezik a szubsztrátok kiválasztott spektrumára nézve. DEGENS és HARRIS (1997) kritizálta a Biolog-módszerrel történő funkcionális diverzitás vizsgálatokat (GARLAND & MILLS, 1991; ZAK et al., 1994). A steril Biolog mikrotiter lemezeken rendszerint 96 csövecske található, melyek közül 95 eltérő szénforrást tartalmaz, 1 pedig szénforrás nélküli kontroll. TTC (trifenil-tetrazólium-klorid) is van a csövecskében, ami a dehidrogenáz enzimek hatására színt változtat, és a színreakció alapján történik a kiértékelés. A talajok funkcionális diverzitását a Biolog lemezekkel úgy határozzák meg, hogy talajszuszpenzióval beoltják és 24–48 óra inkubáció után, a TTC reakció alapján az adott talaj szubsztrát hasznosítási aktivitás mintázatát határozzák meg. A hosszú inkubációs idő miatt azonban nem az aktuális, hanem a potenciális aktivitás mintázat rajzolódik ki, mivel mikrobiális növekedés is történik. Ezzel ellentétben a DEGENS és HARRIS (1997) által ismertetett módszernél az inkubációs idő rövid ahhoz, hogy jelentős mikrobiális növekedés menjen végbe, ezért itt az aktuális aktivitás mintázatról nyerhetünk információt. Másrészt régóta ismert, hogy a táptalajokon a mikrobiális közösségnek legfeljebb 1 %-a tenyészhető ki (FÆGRI et al., 1977) és mivel a környezeti körülmények a Biolog lemezeken is hasonlóak, ezért ezeken sem várható több mikroorganizmus növekedése, vagyis az aktivitás mintázat erősen szelektált módon jelenik meg. Az alkalmazott talajszuszpenziókban a mikroorganizmusok mennyisége rendszerint olyan kicsi, hogy csak bizonyos mértékű, a szubsztráton történő szaporodás után mutat a TTC reakció pozitív eredményt.

DEGENS és HARRIS (1997) kezdetben 83 szubsztrátot használtak, de ezek számát később jelentősen csökkentették (36-ra, majd 25-re). Ezek a szubsztrátok a szénhidrátok, alkoholok, aminosavak, aminok, amidok, aromás vegyületek, karboxilsavak csoportjába tartoztak. A többszubsztrátos respirációs módszer mikrotiter-lemez alapú technikájának kidolgozásával CAMPBELL et al., (2003) rendkívül hatékonyá tette. Az eljárásban a polipropilén lemezekben lévő talajból szubsztrát hozzáadása után képződött CO<sub>2</sub> a vele szemben elhelyezkedő detektor lemez agaros közegében elnyelődik és az abban lévő krezolvörös pH indikátor színváltozását okozza, amelyet a lemez fotométerrel egyszerűen lehet detektálni a krezolvörös 572 nm elnyelési maximumán. LALOR et al., (2007) összehasonlítva DEGENS és HARRIS (1997) módszerét a mikrorespirációs módszerrel (CAMPBELL et al., 2003), megállapították, hogy ugyanazon minták esetében ez utóbbi módszer sokkal jobban elkülönítette egymástól a különböző mintákat.

### A mikrorespirációs módszer vázlatos ismertetése

A mikrorespirációs módszer részletes ismertetése meghaladná a jelenlegi terjedelmi korlátokat, másrészt az részben megtalálható az eredeti cikkben (CAMPBELL et al. 2003), részben pedig a MicroResp<sup>TM</sup> tartozó honlapon megrendelhető ([www.microresp.com](http://www.microresp.com)). A módszer ismertetését a gyakorlati kivitelezés szempontjából fontos lépéseknek megfelelően tárgyaljuk a következő sorrendben: 1. talajminta előkezelése, 2. detektor lemezek elkészítése, 3. szubsztrát oldatok elkészítése, 4. talajminták betöltése a polipropilén lemezekbe, 5. mikrorespirációs mérés és 6. az eredmények értékelése.

A talajmintát 2,0 mm-es rozsdamentes acélszítán átszítjuk, eltávolítjuk a gyökereket és köveket a mintából, rendszerint 35-50 g talaj szükséges egy lemezhez. Legalább 60 g szitált talajt érdemes félretenni a vizsgálatokhoz, azért, hogy a nedvesség meghatározáshoz is maradjon elegendő belőle. A talajmintát 4 °C-on tároljuk a felhasználást megelőzően. A mikrorespirációhoz használt talaj nedvességtartalma egy kényes kérdés, amit megfelelően kontrollálni kell. Egyrészt a talaj nem lehet túl nedves,



## A mikrorespirációs módszer (MicroResp-TM) alkalmazása

---

mert az gátolja a gázok kicserélődését és nagyobb darabokban összeáll, nem szitálható és nem tölthető be a lemezekbe. Másrészt nem lehet túl száraz, mert az kedvezőtlenül befolyásolja a mikrobiális aktivitást. Az eredeti módszerleírás a talaj maximális víztartó-képességének 30-60% közötti nedvességre történő beállítását javasolja. A talajmikrobiológiában elfogadott, hogy a szabadföldi vízkapacitás körüli nedvesség tartalom (pF = 2,5) a legkedvezőbb a mikrobiális aktivitás számára, ezért célszerű ehhez beállítani a nedvességtartalmat. Amennyiben az eredeti talajnedvességen változtatunk, akkor egy 5-napos előinkubációt célszerű beiktatni a mérés előtt.

A detektorlemezek elkészítése jó kézügyességet igényel. Két oldatot kell elkészíteni, az egyik tartalmazza a krezolvörös indikátort, kálium-kloridot és nátrium-hidrogénkarbonátot, amelyet 100 vagy 200 cm<sup>3</sup> adagokban hűtőben lehet tárolni 6 hónapig. A másik oldat 3%-os nagy tisztaságú agar, amelyet célszerű frissen elkészíteni. Az indikátoros és agaros oldatokat összeöntve (2:1 térfogatarány) 60 °C-on kell a mikrotiter lemezekbe kiadagolni (150μl) 8-csatornás pipettával. Az egyenletes és gyors kiadagoláshoz ajánlott elektronikus pipettát használni, az agaros indikátorelegyet pedig fűthető mágneses keverő segítségével állandó hőmérsékleten tartani a kiadagolás alatt. A lemezeket az agar megszilárdulása után Parafilm-mel lefedjük és jól záródó műanyag tárolódobozba helyezük, egy-egy főzőpohár víz és szódamész kíséretében. Az így elkészített detektorlemezek hosszú ideig tárolhatók és többször is felhasználhatók.

A szubsztrátoldatok elkészítése is viszonylag időigényes ezért célszerű egyszerre annyit elkészíteni, amennyi fél évre elegendő. A frissen elkészített szubsztrát oldatok hűtőszekrényben 2 hétig tárolhatók, -20°C-ra lefagyaszta viszont fél évig lehet felhasználni. Elsősorban a szerves savak és egyes aminosavak pH-ját az elkészítéskor 6,0 – 6,5 kell beállítani. A szubsztrátoldatok koncentrációját vízben való különböző oldhatóságuk miatt eltérő módon állítjuk be. Célszerű a szakirodalomban található koncentráció értékekkel dolgozni, az összehasonlíthatóság miatt. Általában 15 vagy 23 eltérő szubsztrátot alkalmaznak a mikrorespirációs mérések során. A hagyományos 96-csőveskés lemezeket figyelembe véve 15 szubsztrát + desztillált víz alkalmazásával 6 ismétlésben, míg 23 szubsztrát + desztillált víz alkalmazásával 4 ismétlésben tudjuk a mérést kivitelezni. Ennél több szubsztrát egyidejű alkalmazására is van lehetőség, ha a szubsztrátokat több lemezen osztjuk meg, de így több talajra van szükség.

A talajmintákat egy speciális betöltő eszköz segítségével (MicroResp<sup>TM</sup> filling device) juttatjuk a 1,2 cm<sup>3</sup> térfogatú polipropilén lemezekbe. Itt fontos a jól beállított megfelelő talajnedvesség, azért, hogy a talaj ne ragadjon, könnyen behulljon. Mivel a betöltés térfogat alapján történik, ezért szükséges, hogy a minta viszonylag egyenletes szemcseelosztású legyen és nem szabad tömöríteni a betöltéskor. A betöltéskor ellenőrizzük a bevitt talaj mennyiségét, és kiszámítjuk az egy csőveskébe jutó átlagos talajtömeget.

A mikrorespirációs mérés során elrendezzük a polipropilén lemezeket, majd 8-csatornás pipettával kiadagoljuk a szubsztrátokat, és 30-60 perc várakozás után lezárjuk a lemezeket. Még a lemezek lezárása előtt a detektorlemezek abszorbancia értékeit leolvassuk fotométer segítségével 570nm hullámhosszúságon. A lemezeket lezárásuk után termosztátban inkubáljuk 25 °C-on 6 órán keresztül. Az inkubáció után a lemezeket szétszedjük és fotométeren ismét lemérjük a detektorlemezeket. A szubsztrát kiadagolás utáni várakozási idő, azt a célt szolgálja, hogy a karbonátokból képződő CO<sub>2</sub> eltávozhasson. Bár az eredeti módszerleírásban hangsúlyozzák, hogy pH<7 talajoknál lehet a módszert fenntartások nélkül alkalmazni, azonban a szubsztrát oldatok pH-jának

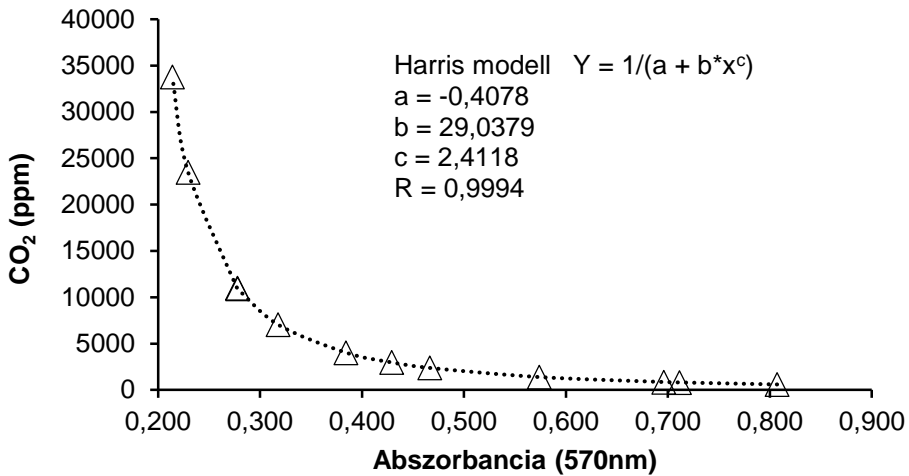
beállításával és a szubsztrát kiadagolás utáni várakozási idővel a módszer kiterjeszhető  $\text{pH} > 7$  talajokra is.

A mikrorespirációs mérések eredményeinek értékelésénél több szempontot is figyelembe kell venni. Az egyedi detektorlemezekon belül különbségek vannak már a kiinduláskor is. A kisebb egyenetlenségek kiküszöbölésére a lemez átlagra normalizált abszorbancia értékekkel számolhatunk. Ha egy-egy helyen mért érték kiugró adatot mutat, azt célszerű kihagyni a számításból. Az abszorbancia érték  $\text{CO}_2$ -ra történő átszámításához kalibrációra van szükség. Az általunk is alkalmazott legegyszerűbb módszer az, hogy eltérő  $\text{CO}_2$  koncentrációjú lezárt edényekbe szétszedhető detektorlemez csíkokat helyezünk, ugyanúgy 6 órán keresztül inkubáljuk a lemezeket, majd gázkromatográfval mérjük az edényekben a levegő  $\text{CO}_2$  koncentrációját, majd az edényekből kivéve a detektorlemez csíkok abszorbancia értékét fotométerrel határozzuk meg (1. ábra). Egy alkalmas görbeillesztő program segítségével (pl. CurveExpert 1.4) megkeressük az abszorbancia és  $\text{CO}_2$  koncentráció összefüggését legjobban kifejező egyenletet, és annak paramétereit használjuk a számítások során. A gyorsabb számítás érdekében célszerű egy Excell sémát elkészíteni, amibe csak a mért abszorbancia értékeket kell lemezenként átmásolni megadva még a lemezekbe bemért átlagos talajtömeget is. Mivel a minták aktivitás-szintje között eleve jelentős különbségek lehetnek, minket viszont az szubsztrátokra adott aktivitások mintázata érdekel, ezért a szubsztrát átlagokra standardizált respirációs értékeket hasonlítjuk össze többváltozós statisztikai eljárásokkal. Ez általában főkomponens analízissel kezdődik, majd a különböző szempontok mérlegelése után további eljárások alkalmazására kerülhet sor. Ha a minták által mutatott aktivitásmintázatok nem teljesen véletlenszerűek, hanem valamilyen rendezettséget mutatnak, akkor a következő lépés a környezeti változókkal történő összefüggés elemzések elvégzése, például kanonikus korrespondencia-elemzéssel vagy más eljárással.

### Néhány szakirodalmi példa a mikrorespirációs módszer alkalmazására

A módszer alkalmazásában azonos talajtípuson belül eltérő talajhasználati, illetve művelési területek között azt tapasztalták (DEGENS et al., 2000), hogy az intenzívebb talajhasználat (kukorica, gabona, kertészeti hasznosítás) mellett a talaj katabolikus egyenetlensége („evenness”) kisebb (16,4–19,6), mint a legelő művelésű és az eredeti növényzettel fedett talajokban (19,7–23,6). A vetésforgó talajának katabolikus egyenetlensége, értékében a kettő között helyezkedett el (17,7–20,5). A mikrobiális közösség katabolikus aktivitás mintázata szignifikáns eltérést mutatott a három eltérő növényfaj alól vett rizoszféra és nem rizoszféra talaj között egyaránt egy vegyes állományú tölgyesben (KOURTEV et al., 2002), jelezve, hogy különböző növények hatására alapvető változások következhetnek be a mikrobiális közösségben a rizoszféra és nem rizoszféra talajban egyaránt.

Azonos talajtípus esetén az alacsonyabb katabolikus diverzitással jellemzett szántóföldi talaj különböző zavarásokkal és stressz hatásokkal (kiszáritás–nedvesítés, fagyasztás–felolvasztás ciklusok, pH-csökkentés, só- és Cu-kezelés) szembeni rezisztenciája kisebb volt, mint a nagyobb katabolikus diverzitású legelő talajé (DEGENS et al., 2001). Eltérő sótartalmú és kémhatású szikes talajok katabolikus aktivitás-mintázatuk alapján élesen elválnak egymástól (BÁRÁNY et al., 2014). Bányászott homokdűnék rehabilitációja (GRAHAM & HAYNES, 2004) során a természetes erdő, a fenyeültetvény a 0 és 10 éves rehabilitált terület talajának mikrobiális közösség katabolikus diverzitása szignifikánsan elkülönült egymástól 36 szubsztrát respirációs mintázata alapján. A természetes erdő és a 25 éves rehabilitált terület katabolikus diverzitása volt a legnagyobb.



**1. ábra. A mikrorespiráció mérés során készített kalibráció. A szétszedhető mikrotiter lemez csíkok 11 eltérő CO<sub>2</sub> koncentráció mellett 6-órás inkubáció után mikrotiter fotométerrel, az inkubációs edények CO<sub>2</sub> koncentráció pedig gázkromatográffal mérve.**

### Következtetések

A mikrorespirációs (MicroResp<sup>TM</sup>) módszer alkalmazása ígéretesnek tűnik a talaj mikrobiális közösség in situ katabolikus aktivitás-mintázatának elemzésére eltérő talajok, különböző művelési módok vagy egyéb kezelések hatásának kimutatására.

Talaj-monitoring programokban is ajánlható, mivel érzékeny, gyors, a nálunk kialakított gyakorlatban naponta 24 minta vizsgálata is elvégezhető.

A vizsgálatok során ügyelni kell a minta-előkészítési protokoll pontos betartására, a detektorlemezek elkészítésére és tárolására, a szubsztrátok kiválasztására, oldatok megfelelő elkészítésére, korrekt statisztikai kiértékelésre. A talajminták katabolikus aktivitás mintázatát a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai közül elsősorban a humusztartalom, a pH és a sótartalom befolyásolja, de igen lényeges a növényzet is.

### Köszönetnyilvánítás

Az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatta munkánkat (OTKA- K108572).

### Irodalomjegyzék

BÁRÁNY, Á., SZILI-KOVÁCS, T., KRETT, G., FÜZY, A., MÁRIALIGETI, K. & BORSODI, A.K. (2014): Metabolic activity and genetic diversity of microbial communities inhabiting the rhizosphere of halophyton plants. *Acta Microbiol Immunolog Hung* 61.(3): 347-361.

CAMPBELL, C.D., CHAPMAN, S.J., CAMERON, C.M., DAVIDSON, M.S. & POTTS, J.M. (2003): A rapid microtiter plate method to measure carbon dioxide evolved from carbon

substrate amendments so as to determine the physiological profiles of soil microbial communities by using whole soil. *Appl Environ Microbiol* 69: 3593-3599.

DEGENS, B.P. & HARRIS, J.A. (1997): Developmet of physiological approach to measuring the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biol Biochem* 29: 309-1320.

DEGENS, B.P., SCHIPPER, L.A., SPARLING, G.P., & VOJVODIC-VUKOVIC M. (2000): Decreases in organic C reserves in soils can reduce the catabolic diversity of soil microbial communities. *Soil Biol Biochem* 32: 189-196.

DEGENS, B.P., SCHIPPER, L.A., SPARLING, G.P. & DUNCAN, L.C. (2001): Is the microbial community in a soil with reduced catabolic diversity less resistant to stress or disturbance? *Soil Biol Biochem* 33: 1143-1153.

FÆGRI, A., TORSVIK, L.V. & GOKSÖYR, J. (1977): Bacterial and fungal activities in soil: separation of bacteria and fungi by a rapid fractionated centrifugation technique. *Soil Biol Biochem* 9: 105-112.

GARLAND, J.L. & MILLS, A.L. (1991): Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon source utilization. *Appl. Environ Microbiol* 57: 2351-2359.

GRAHAM, M.H. & HAYNES, R.J. (2004): Organic matter status and the size, activity and metabolic diversity of the soil microflora as indicators of the success of rehabilitation of mined sand dunes. *Biol Fertil Soils* 39: 429-437.

KOURTEV, P.S., EHRENFELD, J.G. & HÄGGBLUM, M. (2002): Exotic plant species alter the microbial community structure and function in the soil. *Ecology* 83: 3152-3166.

LALOR, B.M., COOKSON W.R. & MURPHY, D.W. (2007): Comparison of two methods that assess soil community level physiological profiles in a forest ecosystem. *Soil Biol Biochem* 39: 454-462.

SZILI-KOVÁCS, T. (2004): Szubsztrát indukált respiráció a talajban. *Agrokémia és Talajtan* 53: 195-214.

WEST, A.W. & SPARLING, G.P., (1986): Modifications to the substrate-induced respiration method to permit measurement of microbial biomass in soils of different water contents. *J Microbiol Meth* 5: 177-189.

ZAK, J.C., Willig, M.R., Moorhead, D.L. & Wildman, H.G. (1994): Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. *Soil Biol Biochem* 26: 1101-1108.

## Különböző talajtípusokon alkalmazott ásványőrlemények hatása a talajtulajdonságokra

Tállai Magdolna, Zsuposné Oláh. Ágnes, Sándor Zsolt, Kremper Rita, Kátai János

Debreceni Egyetem

Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar

Agrokémiai és Talajtani Intézet

[tallaim@agr.unideb.hu](mailto:tallaim@agr.unideb.hu)

### Összefoglalás

Ásványőrlemények hatását tanulmányoztuk különböző talajtípus néhány fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságára. Szabadföldi kísérletben az alginít és a perlit őrleményeit alkalmaztuk ( $5 \text{ t ha}^{-1}$ ) kovárványos barna erdő, mészlepedékes csernozjom és sztyeppesedő réti szolonyec talajokon, *Festuca pratensis L.*; *Festuca arundinacea L.* tesztnövényekkel. Tenyészedényes kísérletben a bentonit és zeolit alkalmazása ( $5$  és  $10 \text{ t ha}^{-1}$ ) humuszos homoktalajon történt *Lolium perenne L.* növényen. A szabadföldi kísérletben mészlepedékes csernozjom talajon kisebb hatása volt az ásványi kezeléseknél, mint a kedvezőtlenebb tulajdonságú talajokon. A talajok víz-, és tápanyag-gazdálkodási paramétereit a perlit kezelése pozitívan befolyásolták. A vizsgált talajmikrobiológiai tulajdonságokra a kezeléshatások változóan alakultak. Tenyészedényes kísérletben a bentonit és a zeolit növelte a savanyú homoktalaj víztartó-képességét, kémhatását, a tápanyagok közül a felvehető kálium mennyisége nőtt szignifikánsan. A mikrobiológia paramétereire - a bentonithoz képest - a zeolit kezelése serkentőbb hatásúak voltak, a nagyobb dózis hatására szignifikáns növekedést tapasztaltunk. A kőzetőrlemények alkalmazása beilleszthető a fenntartható talajhasználat rendszerébe.

### Summary

The effect of soil mineral amendments were studied on some physical, chemical, and microbiological properties of the various soil types. In field experiment the alginite and perlite grist were applied ( $5 \text{ t ha}^{-1}$ ) on Brown forest soil with „kovárvány”, Calcareous chernozem and Meadow solonetz turning into steppe formation soil types; the test plants were *Festuca pratensis L.*; *Festuca arundinacea L.* In pot experiment the bentonite and zeolite were applied in two doses ( $5$  és  $10 \text{ t ha}^{-1}$ ) on humus sandy soil, the test plant was *Lolium perenne L.* Smaller impact of mineral treatments was measured on Chernozem soil, such as the less favourable two other soil types. The parameters of soil water and nutrient management are influenced positively by perlite. The mineral treatments had changeable positive effect on soil microbiological properties. In the pot experiment the water holding capacity, the pH and the uptakeable potassium content of acidic sandy soil increased significantly by bentonite and zeolite. On the microbiological parameters the zeolite treatments – compared to the bentonite - had positive effect; the higher doses caused significant increases. The application of mineral grist can fit into the sustainable land use system.

## Bevezetés

Európa számos területén, így Magyarországon is, a talajhasználat következményeként találkozunk olyan talaj-degradációs folyamatokkal, amelyek a talajok fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságait is érintik, ezáltal kedvezőtlenül befolyásolják a talajok termékenységét. Magyarországon a fontosabb talaj-degradációs folyamatok közé soroljuk a víz-, illetve a szél okozta eróziót, a talajok szennyezését, azok savanyodását, a só felhalmozódást, szikesedést, továbbá olyan fizikai folyamatokat, mint a szerkezet leromlása, a tömörödés, a cserepedés. A degradációs folyamatok nagy csoportját alkotják továbbá a biológiai folyamatok kedvezőtlen irányú változása, a biodiverzitás csökkenése (VERMES, 2012).

A talaj termékenységének negatív irányú változását talajjavítással mérsékelhetjük. A talajjavítási-, továbbá a tápanyag-utánpótlási módok megválasztásánál talajaink védelmére is tekintettel kell lenni. Az integrált növénytermesztés keretein belül számos lehetőség kínálkozik, amelyek során természetes anyagokat használunk a talaj termékenységének megőrzésére. Ilyen anyagok körébe sorolhatók a szántóföldön megtermelhető zöldtrágya és egyéb szerves anyagok, az állattenyésztés melléktermékeként a talajra visszakerülő istállótrágya és komposzt, továbbá egy sajátos csoportot képviselnek a bányászott talajjavító anyagok (LAZÁNYI, 2003).

Irodalmi források támasztják alá, hogy az agyagásványok alkalmazása napjainkban igen széleskörűvé vált mind az iparban (HAVASSY, 1998; SORIN et al., 2014), mind a mezőgazdaságban (KÁTAI et al., 2010; QUNWEI et al., 2014). Dolgozatunk célkitűzése, hogy összehasonlítsuk a fenntartható talajhasználat során alkalmazott néhány perspektivikus kőzetörlemény - az alginit, a perlit, a bentonit és a zeolit - talajjavító hatását, és összefoglaljuk, hogyan befolyásolják a különféle talajtípusok vizsgált fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságát.

## Anyag és módszer

A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karának Agrokémiai és Talajtani Intézetében vizsgáltuk az alginit, a perlit, a bentonit, a zeolit különböző dózisainak hatását néhány talajtípus fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságára. A kísérletek tenyészedényekben, kontrollált viszonyok között, és szabadföldi kísérletekben is folytak.

A szabadföldi - mikroparcellás (1,5 m<sup>2</sup>) - kísérletek DE MÉK Bemutatókertjében kerültek beállításra. Az alginit alkalmazását ebben a kísérletben kovárványos barna erdőtalajon (pH<sub>H2O</sub> 5,15), az alginit és a perlit kijuttatását mészlepedékes csernozjom (pH<sub>H2O</sub> 6,70), továbbá sztyeppesedő réti szolonyec (pH<sub>H2O</sub> 6,50) talajokon végeztük 5 t/ha-os dózissal, gyeper növényzet (réti csenkesz - *Festuca pratensis* L.; nádképző csenkesz - *Festuca arundinacea* L.) alatt. A bentonitot és a zeolitot (5, 10 t/ha) - tenyészedényes körülmények között - humuszos homoktalajba (pH<sub>H2O</sub> 5,17) kevertük. A tesztnövény az angolperje (*Lolium perenne* L.) volt.

Az ásványokat szabadföldön a talaj 20-25 cm-es rétegébe juttattuk ki, 2-5 mm nagyságú szemcseméretet alkalmazva. Az alginittel és a perlittel történt vizsgálatok korábbi vizsgálatok eredményei (KÁTAI, 1994), míg a bentonit és a zeolit kísérleteket 2015-ben

## Különböző talajtípusokon alkalmazott ásványőrlemények hatása a talajtulajdonságokra

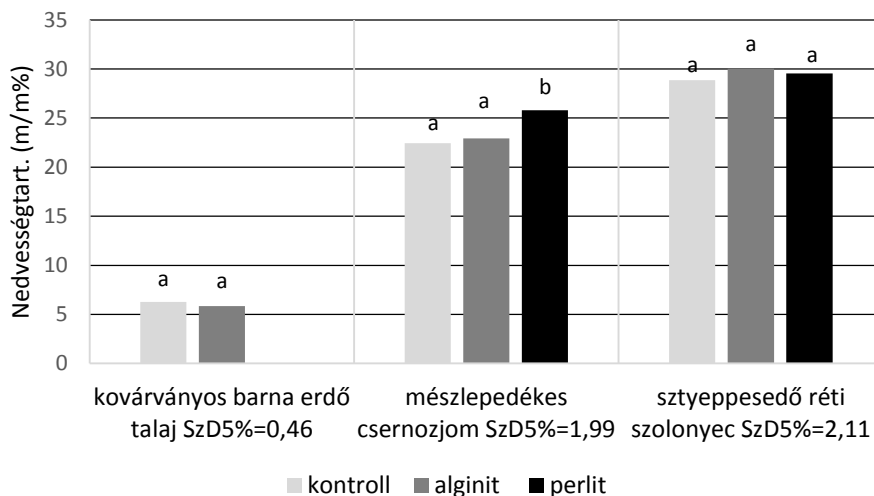
végeztük. A tenyészedények három kg-os, alul perforált edények, amelyeket a tenyészidő minden napján a maximális vízkapacitás 70%-ára öntöztünk.

A talajfizikai tulajdonságok közül meghatároztuk a talajok textúra csoportját az Aranyféle kötöttségi szám alapján (FILEP, 1995). A szabadföldi kísérletekben mértük a talajok nedvességtartalmát KLIMES-SZMIK (1962) módszerével. A bentonit és a zeolit kísérletben vizsgáltuk a víztartó-képességet (VÉR, 1961 cit. FILEP, 1995). Talajkémiai vizsgálatok közül meghatároztuk a talaj kémhatását vizes, ill. M KCl-os szuszpenzióban, mértük a talaj összes-nitrogén tartalmát Kjeldahl (cit. BUZÁS, 1988) módszere, az AL-oldható foszfor- és káliumtartalmát EGNÉR et al., (1960) szerint. A talaj-mikrobiológiai vizsgálatok közül meghatároztuk az összes-csíraszámot (húsleves-agaron), a mikroszkopikus gombák mennyiségét (pepton-glükóz agaron) (SZEGLI, 1979). A cellulózbontó baktériumok számát POCHON & TARDIEUX, (1962) legvalószínűbb csíraszám módszerével vizsgáltuk. Mértük a talajból felszabaduló szén-dioxid (WITKAMP, 1966. cit. SZEGLI, 1979) mennyiségét, valamint a foszfatáz (KRÁMER & ERDEI, 1959. cit. SZEGLI, 1979) és a szacharáz (FRANKENBERGER & JOHANSON, 1983) enzimek aktivitását. Az eredmények értékelése során kiszámoltuk a mintavételi átlagokat, a szórást, a szignifikáns differencia értékét 5%-os valószínűségi szinten. A statisztikai értékelés Excel 2013 és SPSS 13.0 program segítségével történt.

### Eredmények és értékelésük

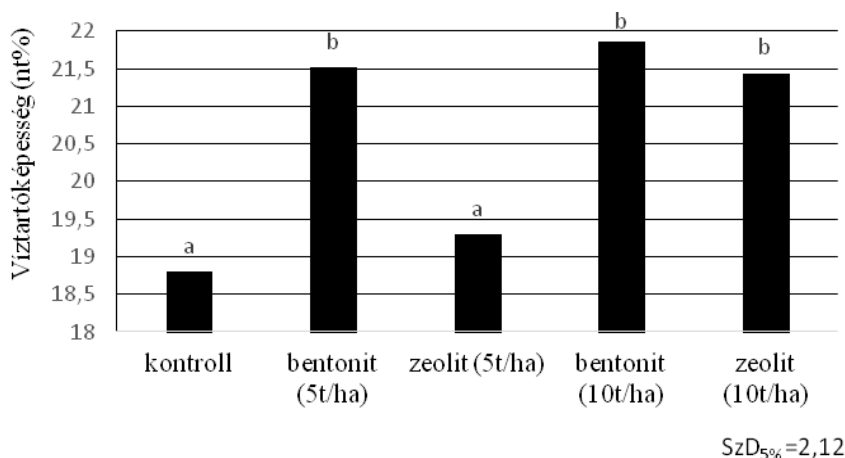
Az eredmények értékelésénél először a vizsgált talajfizikai és talajkémiai paraméterek értékelését végezzük el, majd a talajbiológiai paraméterek jellemzésére kerül sor – eltekintve a kísérleti körülményektől.

Az alginit és a perlit hatására - a kovárványos barna erdőtalaj kivételével - a talajok nedvességtartalma nőtt. Mészlepedékes csernozjom talajon a perlit a kontroll parcella nedvességtartalmához képest szignifikánsan növelte a talajnedvességet (1. ábra).



1. ábra: Ásványőrlemények hatása különböző talajtípusok nedvességtartalmára (Kisparcellás kísérlet, Debrecen, forrás: Kátai, 1994)

Tenyészedényes kísérletben mind a bentonit, mind a zeolit növelte a humuszos homoktalaj víztartó-képességét. A bentonitnak már az 5t/ha-os, míg a zeolitnak csak a 10t/ha dózisa növelte szignifikánsan a homoktalaj víztartó-képességét a kontrollhoz képest (2. ábra).



**2. ábra: Ásványőrlemények hatása a humuszos homoktalaj víztartó-képességére (Tenyészedényes kísérlet, Debrecen, 2015)**

A vizsgálati eredményeink azt mutatták, hogy a kovárványos barna erdő-, továbbá a humuszos homoktalaj Arany-féle kötöttségi értéke alapján homok textúrájú. Az ásványőrlemények talajba juttatásával növekedett a talajok vízfelvevő képessége, így a kontrollhoz képest nagyobb  $K_A$ -értékeket mértünk. A mészlepedékes csernozjom kedvezőbb adottságú, vályog, míg a sztyeppesedő réti szolonyc magas agyagtartalma alapján agyag textúrájú.

Az alginit hatására a savanyú, kovárványos barna erdőtalajon a kémhatás értéke nőtt. Ugyancsak semleges irányba tolódott a kémhatás, mind a mészlepedékes csernozjom, mind a sztyeppesedő réti szolonyc talajokon. A perlit a talajok kémhatását kisebb mértékben – nem szignifikánsan - változtatta. A tenyészedényekben kijuttatott bentonit és zeolit szintén nem befolyásolta statisztikailag is igazolható módon a savanyú homoktalaj kémhatását, eltekintve a bentonit kétszeres (10 t ha<sup>-1</sup>) dózisének hatásától, mely már nagyobb mértékben növelte a pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>-t. Megállapítottuk azonban, hogy mind a bentonit, mind a zeolit növelte a talaj kémhatását.

A vizsgált talajok tekintetében – a különböző adottságaikat is figyelembe véve - tápanyagtartalom szempontjából elmondható, hogy nitrogénellátottságuk „közepesnek”, felvehető foszfortartalmuk „jó” minősíthető, a felvehető kálium mennyisége pedig a mészlepedékes csernozjom, továbbá a humuszos homoktalajokon „jó”, míg a kovárványos barna erdő- és a réti szolonyc talajokon már gyengébb.



## Különböző talajtípusokon alkalmazott ásványőrlemények hatása a talajtulajdonságokra

1. táblázat. Ásványőrlemények hatása különböző talajtípusok vizsgált fizikai- és kémiai tulajdonságára

<i>Kisparcellás kísérlet</i>							
Kezelés	K <sub>A</sub>	Fizikai talajféleség	pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	pH <sub>(KCl)</sub>	Összes nitrogén (N mg%)	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O
						(mg 1000g <sup>-1</sup> )	
<b>Kovárványos barna erdőtalaj</b>							
kontroll	<25	durva homok	5,15a	4,00a	11a	102,6a	100a
alginít (5 t/ha)	<25		5,30b	4,20b	11a	99,2a	75b
SzD <sub>5%</sub>			0,08	0,16	0,12	5,23	15,00
<b>Mészlepedékes csernozjom</b>							
kontroll	38	vályog	6,70a	5,85a	132a	224,5a	425a
alginít (5 t/ha)	38		6,85b	6,05ab	131a	213,0a	460a
perlit (5 t/ha)	38		6,70a	5,98a	136b	314,0b	540b
SzD <sub>5%</sub>			0,06	0,18	3,46	50,77	46,31
<b>Sztyeppesedő réti szolonyec</b>							
kontroll	58	agyag	6,50a	5,80a	169a	111,2a	308a
alginít (5 t/ha)	58		6,70b	5,95b	182a	113,0a	375b
perlit (5 t/ha)	60		6,55a	5,80a	192ab	228,0b	420c
SzD <sub>5%</sub>			0,14	0,12	15,28	6,78	25,89
<b>Tenyészedényes kísérlet</b>							
<b>Humuszos homok</b>							
kontroll	30	homok	5,17a	5,01a	45,35a	164,0a	169a
bentonit (5 t/ha)	30		5,28a	5,02a	51,16a	169,8a	210b
zeolit (5 t/ha)	34		5,37a	5,00a	51,74a	166,4a	197a
bentonit (10 t/ha)	31		5,75b	5,00a	41,38a	172,0a	212b
zeolit (10 t/ha)	35		5,44a	5,06a	55,37ab	187,8b	254c
SzD <sub>5%</sub>			0,28	0,14	7,75	16,39	38,00

A szabadföldi kísérletben a talajok tápanyagtartalmát a perlit 5 t ha<sup>-1</sup> –os dózisa mészlepedékes csernozjom és sztyeppesedő réti szolonyec talajokon szignifikánsan növelte. Humuszos homoktalajon a bentonit és zeolit szintén növelte a talaj tápanyagtartalmát. Az alkalmazott nagyobb dózisok ebben a kísérletben is nagyobb hatást gyakoroltak. Az ásványi összetételekből adódóan a könnyen felvehető kálium mennyisége kiemelkedően nőtt a vizsgált tápanyagformák közül (1. táblázat).

A különböző adottságú talajok mikrobiológiai tulajdonságaira a kezelések különböző mértékben – és nem egységesen – hatottak. A kedvezőbb tulajdonságú mészlepedékes csernozjom talajon tapasztaltuk a legkisebb hatást. Nagyobb mértékű aktivitásváltozást tapasztaltunk a homok textúrájú talajokon, illetve a sztyeppesedő réti szolonyec talajon.

**2. táblázat. Ásványörlemények hatása különböző talajtípus néhány mikrobiológiai tulajdonságára (Kisparcellás kísérlet, Debrecen, forrás: Kátai, 1994)**

Kezelések	Összes-csíraszám (*10 <sup>6</sup> g <sup>-1</sup> talaj)	Mikroszkopikus gombaszám (*10 <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> talaj)	Cellulózbontó baktériumok (*10 <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> talaj)	CO <sub>2</sub> -termelés (mg 100g <sup>-1</sup> 10 nap)	Foszfátáz (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup> )	Szacharáz (glükóz mg g <sup>-1</sup> 24h <sup>-1</sup> )
<b>Kovárványos barna erdőtalaj</b>						
<b>kontroll</b>	1,88a	18,7a	1,1a	15,68a	5,74a	3,93a
<b>alginit (5 t/ha)</b>	4,64b	13,3a	5,0b	16,32b	3,21b	7,37b
<b>SzD<sub>5%</sub></b>	2,23	4,83	3,21	0,62	1,12	2,21
<b>Mészlepedékes csernozjom</b>						
<b>kontroll</b>	4,88a	38,7a	35,0a	14,56a	7,46a	11,06a
<b>alginit (5 t/ha)</b>	4,30b	45,3b	25,0b	14,56a	6,99a	11,06a
<b>perlit (5 t/ha)</b>	5,24c	15,0c	1,3c	13,67b	8,94b	11,91a
<b>SzD<sub>5%</sub></b>	0,28	5,77	8,18	0,66	0,59	1,58
<b>Sztyeppesedő réti szolonyec</b>						
<b>kontroll</b>	3,30a	42,6a	14,0a	14,29a	23,44a	13,04a
<b>alginit (5 t/ha)</b>	5,21b	39,3a	30,0b	14,91a	24,96a	13,76a
<b>perlit (5 t/ha)</b>	6,91b	30,0b	11,0a	13,13a	19,53a	9,59b
<b>SzD<sub>5%</sub></b>	1,77	11,77	11,82	2,75	5,96	2,63

Az alginit 5 t ha<sup>-1</sup> –os dózisa kovárványos barna erdőtalajon szignifikánsan növelte az összes-csíraszámot, a cellulóz bontó baktériumok mennyiségét, a talajlégzés mértékét, továbbá a szacharáz enzim aktivitását. Mészlepedékes csernozjom talajon inkább a perlit kezelések hatottak serkentően, az összes-csíraszámra, illetve a mért két enzimaktivitásra (foszfátáz, szacharáz). Sztyeppesedő réti szolonyec talajon mind az alginit, mind a perlit növelte az összes-csíraszámot, illetve az alginit növelte még a cellulóz bontó baktériumok számát, a talaj CO<sub>2</sub>-termelését, valamint az enzimaktivitásokat (2. táblázat).

A tenyészedényes kísérletben a humuszos homoktalajon a mikrobiológiai talajtulajdonságokat a zeolit kezelések több paraméter esetében kedvezőbben befolyásolták. A bentonitnál a nagyobb dózis alkalmazása bizonyult serkentőnek. Mind a bentonit, mind a zeolit növelte a homoktalaj enzimaktivitását (3. táblázat).

## Különböző talajtípusokon alkalmazott ásványőrlemények hatása a talajtulajdonságokra

3. táblázat. Ásványőrlemények hatása humuszos homoktalaj néhány mikrobiológiai tulajdonságára (Kisparcellás kísérlet, Debrecen, 2015)

Humuszos homoktalaj						
Kezelések	Összes-csírászám (*10 <sup>6</sup> ·g <sup>-1</sup> talaj)	Mikroszkopikus gombaszám (*10 <sup>3</sup> ·g <sup>-1</sup> talaj)	Cellulóz-bontó baktériumok (*10 <sup>3</sup> ·g <sup>-1</sup> talaj)	CO <sub>2</sub> -temelés (mg 100g <sup>-1</sup> 10 nap)	Foszfátáz (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g 2h <sup>-1</sup> )	Szacharáz (glükóz mg g <sup>-1</sup> 24h <sup>-1</sup> )
kontroll	5,43a	40,85a	0,61a	5,01a	5,13a	4,08a
bentonit (5 t/ha)	2,50b	57,83a	0,55a	4,22a	7,69b	6,78b
zeolit (5 t/ha)	5,63a	65,41b	1,08a	5,94a	6,55ab	6,53ab
bentonit (10 t/ha)	4,62a	68,50b	1,00a	5,83a	6,90b	10,21c
zeolit (10 t/ha)	7,01c	59,62ab	2,08ab	6,74b	7,19b	6,29ab
SzD <sub>5</sub> %	1,19	18,72	1,14	1,17	1,65	1,83

Az ásványi kezelésekre – a legtöbb szignifikánsan serkentő hatás alapján – a legérzékenyebben reagáló vizsgált talajbiológiai paraméter a talajok összes-csírászama volt, majd azonos mértékben befolyásolták a kezelések a két enzim (a foszfátáz és a szacharáz) aktivitását. A kezeléseknél kisebb hatásuk volt a talajlélegzés mértékére, a cellulóz-bontó baktériumok mennyiségére, továbbá a mikroszkopikus gombaszám alakulására (2-3. táblázat adatai alapján).

### Következtetések

Eredményeink azt igazolják, hogy a kőzetőrlemények kedvezően befolyásolják a talajok vízgazdálkodási tulajdonságait, pozitív hatással vannak a talajok kémhatására. A kedvezően megváltozott talajfizikai- és kémiai tulajdonságok hozzájárulhatnak az aktívabb talaj-mikrobiológiai folyamatokhoz. A kőzetőrlemények komplex talajvédelmi hatásúak lehetnek, hatásukra egy időben több talajtulajdonság is kedvezően változhat.

Megállapításunk továbbá, hogy az ásványőrlemények kisebb dózisa (5 t/ha) a vizsgált talajtulajdonságok esetében kisebb mértékű változást eredményezett. Hatékonyság szempontjából ajánlatos lehet az emelt dózis (10 esetleg 15 t/ha dózis) alkalmazása.

A kőzetőrlemények mindenképp hozzájárulnak a gyengébb, vagy mérsékelten termékeny talajok eredményesebb hasznosításához, továbbá meghatározó szerepük lehet a degradációs folyamatok mérséklésében, illetve a talaj tápanyag-szolgáltató képességének javításában. Eredményeink alapján a kőzetőrlemények alkalmazása biztonságosan beilleszthető a fenntartható talajhasználat rendszerébe.

---

**Irodalomjegyzék**

- BUZÁS I. (1988): Talaj- és Agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazd. Kiadó. 155.
- EGNER, H. - RIEHM, H. & DOMINGO, W. R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. LandbrHögsch. Ann. 26. 199–215.
- FILEP Gy. (1995): Talajvizsgálat. Egy. jegyzet. Debrecen, 32-56., 68-71; 93-96., 105-107.
- FRANKENBERGER, W. T. & JOHANSON, J. B. (1983): Method of measuring invertase activity in soils. *Plant and Soil*. 74: 301-311.
- HAVASSY A. (1998): A bentonit keletkezése, összetétele, minősége, mennyisége és felhasználása. In: Komlócska bányászatának története és földtani alapjai. 3.
- KÁTAI, J. (1994): Javítóanyagok hatása a gyep talajára. Debrecen Gyepgazdálkodási Napok 12. A gyepgazdálkodás az állattartás szolgálatában. Tud. Közlemények (szerk. Vinczeffy I.) 229-247.
- KÁTAI, J., TÁLLAI, M., SÁNDOR, Zs., & ZSUPOSNÉ, O. Á. (2010): Effect of Bentonite and Zeolite on some characteristics of acidic sandy soil and on the biomass of a testplant. *Agrokémia és Talajtan. Special Issue* (ed. Gy. Várallyay) Akadémiai Kiadó. 165-174.
- KLIMES-SZMIK A. (1962): A talajok fizikai tulajdonságainak vizsgálata. In: Talaj- és trágyavizsgálati módszerek (Szerk. Ballenegger R. & Di Gléria J.) Mezőg. Kiadó. 83-161.
- KRÁMER, M. & ERDEI, G. (1959): Primenyenyie metoda opregyelenyia akgyivnosztyi foszfatazú v agrohímiceszkih isszledovanyijah. *Pocsvovedenyije*. (9) 99-102.
- LAZÁNYI J. (2003): Bentonitos tufa jelentősége a homoktalajok javításában. AVA, DE ATC Debrecen, április 1-2. 4-8.
- POCHON, J. & TARDIEUX, P. (1962): Techniques D' Analyse en Microbiologie du Sol. Collection. "Techniques de Base". 103.
- QUNWEI, D., YULIAN, Z., FAQIN, D., BIN, W., & YUNBI, H. (2014): Interaction between bentonite and *Bacillus litoralis* strain SWU9. *Applied Clay Science*. Vol. 100, 88–94.
- REGENHART P. (2001): Perlit termékek felhasználási lehetőségei az építőiparban. „Perlit, a környezetbarát magyar ásványi nyersanyag” tud. konferencia. Miskolc. 60./ 87-92.
- SORIN P., MARIA P. & ELENA M. D. (2014): Influence of using perlite and eco fertilizers for hydroponic cucumbers culture. *Journal of Biotechnology*. Vol. 185, Suppl.09. 81.
- SZEGI J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 250-256.
- VERMES L. (2012): Talajszennyezés, remediáció. *Agrokémia és Talajtan*. 61 (2012) Suppl. 237-248.
- VÉR F. (1961): A talaj szerkezetének és vízgazdálkodásának vizsgálata, eredeti szerkezetű talajmintán, Vér-féle szerkezeti mintavevő csövekben. Mezőgazda Kiadó. 37-42.
- WITKAMP, M. (1966): Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. *Ecology*, 47. 194-201.

### Szennyvíziszap komposzt kezelés hatása a talaj térfogattömegére és légáteresztő képességére

*Aranyos Tibor József<sup>1</sup>, Makádi Marianna<sup>1</sup>, Tomócsik Attila<sup>1</sup>, Orosz Viktória<sup>1</sup>, Demeter Ibolya<sup>1</sup>, Blaskó Lajos<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik Vilmos út 4-6.

*aranyostibi@agr.unideb.hu*

<sup>2</sup>DE Vízes Környezetgazdálkodási Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

#### Összefoglalás

Az újabb kísérleti eredmények szerint a homoktalajok kolloidtartalmának növelésére potenciálisan alkalmas anyagok választéka és mennyisége tovább bővíthet a szennyvíztisztítás során keletkező iszapok komposztálásával. A Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézetében 2003-ban beállított kísérletben a Nyírségvíz ZRt-vel közösen kifejlesztett szennyvíziszap komposzt készítményünk (Nyírkomposzt) rendszeres alkalmazásának talajfizikai hatását vizsgáltuk. A terület talajtípusa kovárványos barna erdőtalaj. A kísérletben használt komposzt alkotói: szennyvíziszap (40%), szalma (25%), riolit (30%) és bentonit (5%). A komposztot 0, 9, 18 és 27 t/ha dózisban dolgoztuk be a talajba. A térfogattömeg értékek alapján a megismételt kezelések utáni első két évben statisztikailag igazolt a komposzt kezelések tömődöttséget csökkentő hatása. A kedvező talajszerkezet kellő mennyiségű pórust tartalmazott a levegőmozgás számára, ezzel megfelelő talajállapotot biztosítva. A komposzt kezelést követő harmadik évben azonban statisztikailag igazolt térfogattömeg-változás nem volt kimutatható, melynek oka a homoktalajban uralkodó erőteljes mineralizációs folyamatok hatására csökkenő szervesanyag-tartalom.

#### Summary

The results of new experiments show that the range of potentially suitable materials may expand further with using of composted sewage sludge to increase the colloid content of sandy soils. The experiment was established in 2003 at the Research Institute of Nyíregyháza of the University of Debrecen IAREF in Hungary, in which the long-term effect of Nyírkomposzt (sewage sludge compost developed in cooperation with Nyírségvíz Ltd) application on physical properties of soil was studied. The soil type of the experiment is Arenosol (Dystric Lamellic Arenosol). The applied compost contained sewage sludge 40 (m/m %), straw 25 (m/m %), bentonite 5 (m/m %) and rhyolite 30 (m/m %). The compost was ploughed into the soil in the following amounts: 0, 9, 18 and 27 t ha<sup>-1</sup> of dry matter. Based on the bulk density values it was found, that the compost application had impact on soil compaction in the first two years after compost re-treatment. The air management of sandy soil was improved as well by the increased quantity of pores, thereby ensuring a good soil condition. However, in the 3<sup>rd</sup> year after compost application it was not found any statistically significant change in bulk density, because the organic matter was degraded due to the rapid mineralization processes of sandy soil.

## Bevezetés

A homoktalajok termékenységét elsősorban kis szerves és szervetlen kolloidtartalmuk és az ebből adódó kedvezőtlen fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságok korlátozzák (VÁRALLYAY, 1984). A homoktalajok szilárd fázisát többségében elemi szemcsék alkotják, ezáltal a pórustérfogat kicsi. Szerves és ásványi ragasztó, továbbá cementáló kolloidok hiányában a homoktalajok aggregálódása csekély mértékű. E talajok nem, vagy kis mértékben tartalmaznak mikro- és makroaggregátumokat, melyek nagymértékben hozzájárulnak a stabil talajszerkezet kialakításához (STEFANOVITS et al., 1999). A könnyű mechanikai szerkezetű homoktalajok tömörödéssel hajlamosak, ezért a kedvező talajállapot kialakítása növénytermesztés-technológiai feladat (FILEP, 1999). Sok esetben térfogattömegük elérheti és meghaladja a  $1,7-1,8 \text{ g/cm}^3$  - értékét, ezáltal összporozitásuk az optimális 50% helyett 40% alá csökken (STEFANOVITS et al., 1999; BIRKÁS, 2002). A talajtömörödés mértékét általában a talaj térfogattömegével, penetrométeres ellenállásával és vízáteresztő képességével jellemzik. Az utóbbi években a tömörödéssel összefüggő transzport folyamatok jellemzésére egyre több kutató alkalmazza a légáteresztés mérését, mely fontos információt nyújt a talaj levegőgazdálkodásának megítélésére (MOLDRUP et al., 2003; REICHERT et al., 2009; TANG et al., 2011; DUNAI et al., 2013).

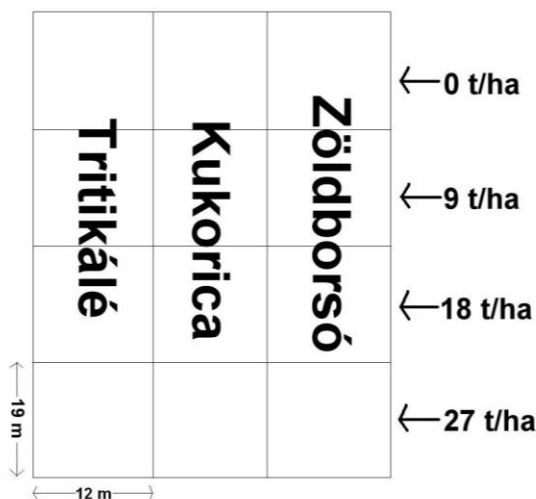
A múlt században számos kísérlet folyt a homoktalajok javítására, azonban a módszerek többsége a gyakorlatban nem terjedt el, melynek feltehető oka az eljárások költségigénye, illetve a javításra felhasznált anyagok hiánya (WESTSIK, 1951; EGRSZEGI, 1953; KAZÓ, 1981, KÁDÁR et al., 1999). Napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a különböző eredetű, szerves és szervetlen hulladékok és melléktermékek mezőgazdasági hasznosításának vizsgálatára (CSUBÁK & MAHOVICS, 2008; MAKÁDI, 2010). Ilyen melléktermék a szennyvíziszap, illetve az ebből készült komposzt. A megfelelően kezelt szennyvíziszap komposzt kiváló beltartalmi tulajdonságokkal rendelkezik, és átveheti az egyre kisebb mennyiségben keletkező szerves trágyák szerepét. Emellett a szennyvíziszap komposzt felhasználható a mezőgazdaságban a gyenge termékenységű talajok tápanyag-utánpótlására és a talajtermékenység növelésére (ZINATI et al., 2001; TAMÁS & BLASKÓ, 2008). Szakirodalmi adatok szerint, a komposzt kezelés javítja a szerves anyagokban szegény talajok vízgazdálkodási tulajdonságait. A komposztok különösen jól alkalmazhatók a kolloidokban szegény savanyú homoktalajok javítása céljából (ADANI et al., 2009; MYLAVARAPU & ZINATI, 2009). A bevitt szerves anyag csökkenti a talaj térfogattömegét, s növeli a porozitását és az aggregátum stabilitást (WEBER et al., 2007). A komposzt talajjavító hatásaként nő a talaj víz- és tápanyag-szolgáltató képessége (CELIK et al., 2004). A talajba vitt szerves anyagok növelik a talajtermékenységet, javul a talaj szerkezete, csökkentve ezáltal a vízhiány okozta károkat, valamint a talajeróziót (ARTHUR et al., 2011).

## Anyag és módszer

A DE Nyíregyházi Kutatóintézet területén 2003-ban kezdték el vizsgálni kisparcellás kísérletben a szennyvíziszap komposzt talajtani és növénytani hatásait. A vizsgált terület jellegzetes talajtípusa a gyengén savanyú kémhatású ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=6,2$ ), kis humusztartalmú (0,9%), alacsony tápanyag-ellátottságú kovárványos barna erdőtalaj. A kísérletben 5 blokk található, a parcellák mérete  $12 \times 19 \text{ m}$ . A kísérlet kiterített vetésforgóban termesztett növényei a tritikálé (*x Triticosecale* Wittmack), a kukorica (*Zea mays* L.) és a zöldborsó

## Szennyvíziszap komposzt kezelés hatása a talaj térfogattömegére és légáteresztő képességére

(*Pisum sativum* L.). A szennyvíziszap kísérlet egy blokkjának elrendezését az 1. ábrán mutatjuk be.



**1. ábra: A szennyvíziszap kísérlet egy blokkjának elrendezése**

A kísérletben használt komposzt alkotói: szennyvíziszap 40% (m/m), szalma 25% (m/m) és ásványi összetevők (riolit 30% (m/m), bentonit 5% (m/m)). A komposztkészítés a Nyírsévíz ZRt Központi komposztáló telepén, zárt térben (7 000 m<sup>2</sup>-es zárt csarnok) történő prizmás érlelés, átforgatásos szellőztetéssel történt. A szennyvíziszap komposzt összeállításakor és felhasználásakor a 36/2006. (V.18.) FVM rendeletben előírt határértékeket vettük figyelembe. A komposztot eddig 5 alkalommal juttattuk ki 2003, 2006, 2009, 2012 és 2015 őszen az istállótrágyához hasonlóan 0, 9, 18 és 27 t/ha (sz.a.) dózisban. A komposzt bedolgozása a talajba középmező (20-25 cm) szántással történt. A kijuttatott komposzt szervesanyag-tartalma jelentős (20-30 % m/m), kémhatása semleges közeli (7,1).

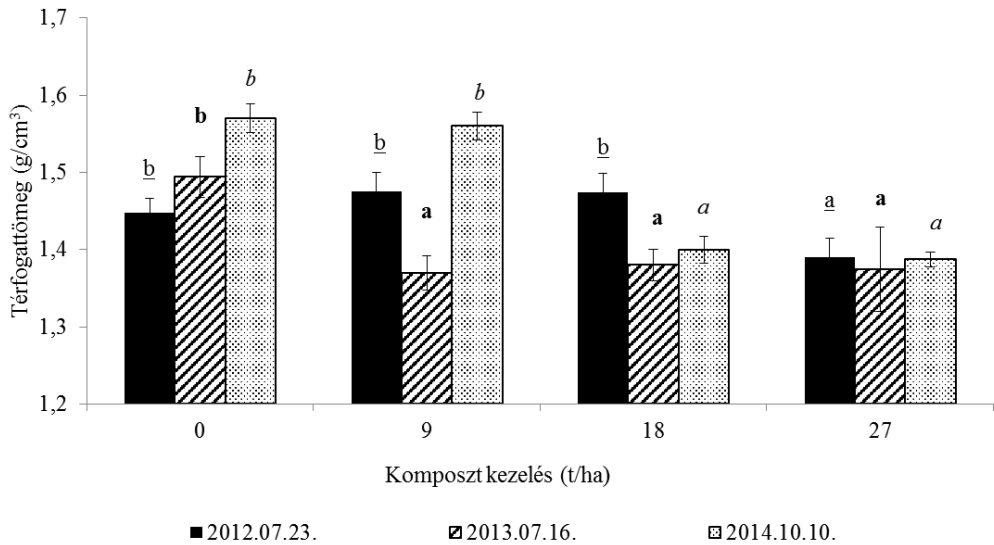
A kutatás során a talaj térfogattömegének és légáteresztő képességének változását vizsgáltuk 2012 és 2014 között. A laboratóriumi mérésekhez 100 cm<sup>3</sup>-es bolygatatlan talajmintákat vettünk a 20-25 cm-es mélységből, 5 ismétlésben. Az eredeti szerkezetű talajminták térfogattömegét 24 órás 105 °C-on történő szárítás után határoztuk meg. A talaj légáteresztő képességének meghatározására Eijkelkamp M1-08.65 típusú készüléket használtunk. A műszer bolygatatlan talajminta levegő áteresztési vezetőképességét méri. A mérés kb. 10 perc alatt elvégezhető, a talaj pneumatikus tulajdonságai jellemezhetőek vele. A különböző talajnedvesség-tartalmak okozta hiba kiküszöbölésére a légátjárhatóságot egységesen pF-2,3 nedvességtartalom mellett határoztuk meg, figyelembe véve DUNAI et al. (2008) tapasztalatait. A bolygatatlan mintákat, miután pF-2,3 szivóértéknél elérték az egyensúlyi tömeget, kivettük a pF-mérő kádból. Lemértük a tömegüket, majd a szitaszövet eltávolítása után 0,001 bar (0,1 kPa) nyomás mellett megmértük a talajmintákon átáramló levegő mennyiségét.

Az eredmények kiértékeléséhez MS Excel és SPSS 13.0 programcsomagokat használtunk. A kezelések közötti eltérések statisztikai értékelését egytényezős varianciaanalízissel végeztük. A kezeléslagokat 95%-os valószínűségi szinten Tukey-tesztel hasonlítottuk

össze. A vizsgált változók közötti kapcsolat szorosságának leírására lineáris regresszióanalízist végeztünk.

### Eredmények és értékelésük

A 20-25 cm-es talajréteg térfogattömeg értékének változását évenként és kezelésenként a 2. ábra szemlélteti. A 2012-es év mérési eredményei szerint a 27 t/ha szennyvíziszap komposzttal kezelt terület talajában volt a legkisebb térfogattömeg, mely statisztikailag is bizonyított. 2013-ban, hasonlóan a feltalajban mért térfogattömeg eredményekhez, a komposzttal kezelt területeken szignifikánsan csökkent a térfogattömeg. A térfogattömeg mindhárom komposzt kezelésben szignifikánsan csökkent. Ezzel szemben 2014-ben, két évvel a komposzt kijuttatása után már csak a 18 t/ha-os és a 27 t/ha-os kezeléseknél csökkent statisztikailag igazoltan a talaj térfogattömege. A kontroll terület talaja volt a legtömődöttebb a tenyészidőszak végén.

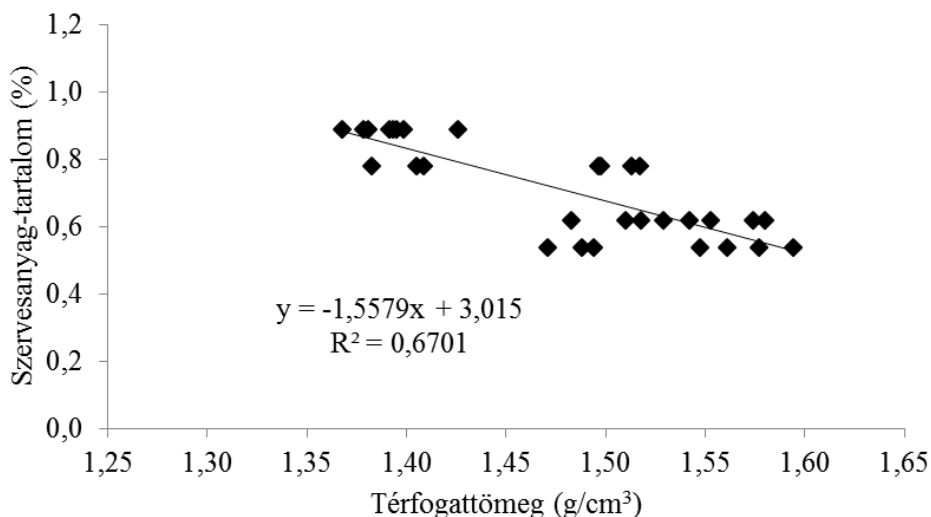


**2. ábra: A 20-25 cm-es talajréteg térfogattömeg értékének változása növekvő adagú komposzt kezelés hatására**

a-b indexek: a különböző betűk a Tukey-teszt szerint statisztikailag különböző átlagokat jelölik ( $p < 0,05$ ).

A talaj szervesanyag-tartalma a rendszeres komposzt kezelés hatására 0,5 %-ról 0,7-1,0 %-ra nőtt a kezelt területeken. A kezelést követő második évben azonban a talaj szervesanyag-tartalma átlagosan 0,1-0,3 %-kal csökkent a komposzt kezeléseknél. A lineáris regresszióanalízis alapján a talaj térfogattömege és szervesanyag-tartalma között ( $r^2 = -0,6701$ ) erős lineáris kapcsolat van (3. ábra).



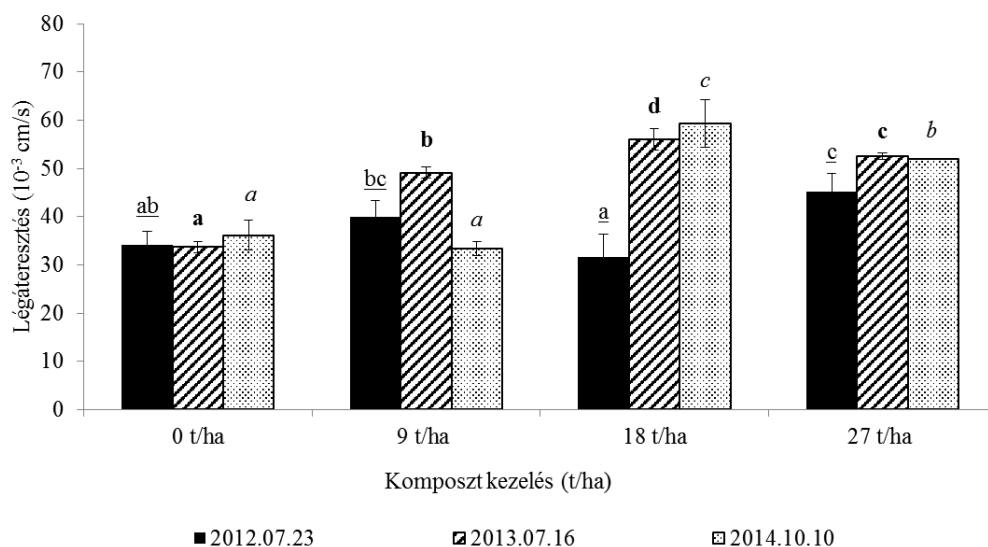


### 3. ábra: A térfogattömeg és a talaj szervesanyag-tartalma közötti összefüggés

A légáteresztő képesség mérés eredményeit a 4. ábra szemlélteti. 2012-ben a 20-25 cm-es talajrétegben a kontroll és a 18 t/ha-os komposzt kezelés légáteresztése volt a legkisebb. Ehhez képest a 9 t/ha és a 27 t/ha-os kezelések légáteresztő képességében szignifikáns növekedést tapasztaltunk. 2013-ban a komposzt dózis növelésével arányosan nőtt a talaj légáteresztő képessége. A kontroll terület légáteresztéséhez képest már a 9 t/ha-os kezelésben is lényeges növekedés látható. Ezt követi a 27 t/ha-os kezelés légáteresztése, míg a legnagyobb értéket a 18 t/ha-os kezelés mutatta. A 2014. októberi eredmények alapján a kontroll és a 9 t/ha komposzttal kezelt terület légáteresztése közel azonos volt. A kontroll terület mintáin átlagosan  $36,2 \cdot 10^{-3}$  cm/s értéket, a 9 t/ha kezelésben  $33,4 \cdot 10^{-3}$  cm/s értéket mértünk. Nagyobb értékeket a 18 t/ha-os és a 27 t/ha-os komposzt kezelések eredményeztek.

A térfogattömeg és a légáteresztés változások indokoltá teszik az 5. ábrán bemutatott összefüggés-vizsgálatot. A talaj térfogattömege és légáteresztő képessége között erős lineáris kapcsolat ( $r^2 = -0,83$ ) van. A térfogattömeg értékek csökkenésével a talajminták légáteresztő képessége nő.

Az eredmények alapján a komposzt összetevői közvetlenül és közvetve is befolyásolták a talaj szerkezetességét. A talajba juttatott szerves anyagok hozzájárulhattak a talajszerkezeti elemek alakításához, ezáltal a porózus talajviszonyok létrejöttéhez. Ezt a regressziószámítás eredménye is megerősíti, miszerint a talaj szervesanyag-tartalma és térfogattömege között a komposzt kezelést követő két évben erős lineáris kapcsolat van. Hasonló összefüggést ( $r = -0,75$ ) találtak HEMMAT et al. (2010) a talaj térfogattömege és szerves széntartalma között.



**4. ábra: A 20-25 cm-es talajréteg légáteresztő képességének változása növekvő adagú komposzt kezelés hatására**

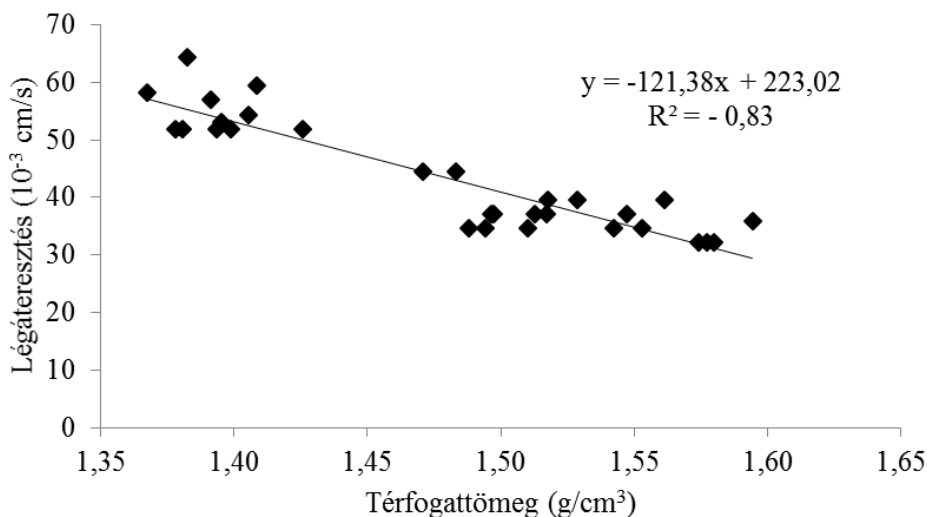
a-d indexek: a különböző betűk a Tukey-teszt szerint statisztikailag különböző átlagokat jelölik ( $p < 0,05$ ).

A szerves anyag mellett a szennyvíziszap komposzttal bentonitot is kijuttattunk a talajba. A bentonit magas montmorillonit tartalommal rendelkezik, mely nagy vízkapacitású agyagásvány. A bentonit jelentős adszorpciós képessége révén kedvezően hat a talajok szerkezetére, tápanyag- és vízgazdálkodására (SZENDREI, 1998, TÁLLAI, 2011). A bentonit magában csak a különálló homokszemcsék összecementálására képes, és nem alakul ki sejtszerű térhálós mikroszerkezet. Azonban a bentonitot a komposzt összetevőjeként a talajba juttatva, szervesanyag-agyag komplexek és ezeken keresztül térhálós szerkezet alakul ki (TOMBÁ CZ et al, 1998; LAZÁNYI, 2003).

MAKÁDI (2010) vizsgálatai alapján a komposzt kezeléssel párhuzamosan a mikroszkopikus gombák száma nő. A szerves maradványokat bontó mikroorganizmusok által termelt nyálkaanyagoknak (poliszacharidoknak), bomlástermékeknek és gombafonalaknak jelentős szerkezetstabilizáló hatásuk lehetett, tovább javítva a porózus talajszerkezetet. 2014-ben a talaj szervesanyag-tartalma átlagosan 0,1-0,3 %-kal csökkent a komposzt kezeléseknél. A szervesanyag-tartalom talajszerkezetre gyakorolt kedvező hatása ezáltal szintén gyengült. Ennek oka a homoktalajban uralkodó erőteljes mineralizációs folyamatok hatása (SABRAH et al., 1995; CELIK et al., 2004). A komposzt kezelés tehát az első két évben fejtette ki kedvező hatását a talajszerkezetre, ezáltal a térfogattömegre. Hasonló következtetésre jutottak WEBER et al. (2007) és SZEGI (2009) is, miszerint a komposztált szerves és szervesetlen anyagokkal való kezelés statisztikailag is igazoltan javította a homoktalaj fizikai tulajdonságait, azonban a komposzt hatása a második évtől már nem volt kimutatható. Egyéb tanulmányok is hasonló adatokat közölnek, miszerint a komposzt kezelés hatására átlagosan 10-20 %-kal csökken a talaj

## Szennyvíziszap komposzt kezelés hatása a talaj térfogattömegére és légáteresztő képességére

térfogattömege (SABRAH et al., 1995; ZEBARTH et al., 1999; TEJADA & GONZALEZ, 2007; MYLAVARAPU & ZINATI, 2009).



### 5. ábra: A talajminták térfogattömege és légáteresztő képessége közötti kapcsolat

A talaj légáteresztése összhangban alakult a térfogattömeg értékek változásával. A komposzt kezelést követő első évben a légáteresztés szignifikánsan nagyobb volt a kontrollhoz viszonyítva a vizsgált talajsztintben. Ennek egyértelmű oka, hogy az ásványi és szerves anyagok részt vettek a talaj szerkezetességének létrehozásában, ezáltal csökkentve a talaj térfogattömegét. A kedvező talajszerkezet pedig kellő mennyiségű pórust tartalmazott a levegőmozgás számára, ezzel megfelelő talajállapotot biztosítva. Ezt a megállapítást alátámasztja a talaj térfogattömege és légáteresztő képessége közötti erős lineáris kapcsolat. Az irodalmi adatokkal összhangban (WEBER et al., 2007; ANGIN et al., 2013), a légáteresztő képesség mérések eredményei igazolták a komposzt kezelés jelentős hatását a talaj levegőgazdálkodására. Az első évben már a kisadagú komposzt kezelés is növelte a talaj átszellőzöttségét. A második évtől azonban, a szerves anyag bomlásának következtében, már csak a nagyobb komposzt dózisok hatása igazolt.

### Összefoglalás

A térfogattömeg értékek alapján a megismételt kezelések utáni első két évben statisztikailag igazolt a komposzt kezelések tömődöttséget csökkentő hatása a vizsgált talajsztintben. A komposzt kezelést követő harmadik évben azonban statisztikailag igazolt térfogattömeg-változás nem volt kimutatható. Ennek feltehető oka a homoktalajban uralkodó erőteljes mineralizációs folyamatok hatására csökkenő szervesanyag-tartalom. A légáteresztő képesség mérések eredményei alapján a komposzt kezelés jelentősen befolyásolta a talaj levegőgazdálkodását. A térfogattömeg értékek csökkenésével összhangban a talaj légáteresztése jelentősen nőtt a rendszeres komposzt kezelés hatására.

A komposzt kijuttatást követő első évben mindhárom komposzt kezelés légáteresztése szignifikánsan nagyobb volt a kontrollhoz viszonyítva a vizsgált talajszintben. Ennek oka, hogy az ásványi és a szerves anyagok részt vettek a talaj szerkezetességének létrehozásában, ezáltal csökkentve a talaj térfogattömegét. A kedvező talajszerkezet pedig kellő mennyiségű pórust tartalmazott a levegőmozgás számára, ezzel megfelelő talajállapotot biztosítva, amit a regresszióanalízis eredménye is megerősít. A kísérleti terület talaja még  $1,6 \text{ g/cm}^3$  térfogattömeg-értéknél is „nagy” áteresztő képességű, tehát a levegő transzport ennél a térfogattömeg értéknél sem korlátozott a vizsgált homoktalajban. A komposzt kezelést követő második évben már csak a  $18 \text{ t/ha}$ -os és a  $27 \text{ t/ha}$ -os komposzt kezelésekben volt szignifikánsan nagyobb a talaj légáteresztése. Ennek oka, hogy a felső talajrétegben a szerves anyag lebomlott, ezáltal a talaj szerkezetességének kialakításában nem vett részt.

### Irodalomjegyzék

- ADANI F., TAMBONE F. & GENEVINI P. (2009): Effect of compost application rate on carbon degradation and retention in soils. *Waste Management*. 29: 74–179.
- ANGIN I., AKSAKAL E. L., OZTAS T. & HANAY A. (2013): Effects of municipal solid waste compost (MSWC) application on certain physical properties of soils subjected to freeze thaw. *Soil and Tillage Research*. 130: 58–61.
- ARTHUR E., CORNELIS W. M., VERMANG J. & DE ROCKER E. (2011): Effect of compost on erodibility of loamy sand under simulated rainfall. *Catena*. 85: 67–72.
- BIRKÁS M. (2002): Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. Akaprint Kiadó, Budapest.
- CELIK I., ORTAS I. & KILIC S. (2004): Effects of composts, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of Chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*. 78: 59–67.
- CSUBÁK, M. & MAHOVICS B. (2008): A kommunális szennyvíziszap mezőgazdasági hasznosításának tapasztalatai. *Talajvédelem. Különszám*: 217–226.
- DUNAI A., MAKÓ A., HERNÁDI H., MIÓKOVICS E. & SZÉPLÁBI G. (2008): A talajok légáteresztő képességének laboratóriumi vizsgálata. *Talajvédelem. Különszám*: 73–80.
- DUNAI A., MAKÓ A. & BARNÁ GY. (2013): A talajok légáteresztő képessége. *Agrokémia és Talajtan*. 62: 415–426.
- EGERSZEGI S. (1953): Homokterületeink termőképességének megjavítása „altalajtrágyázással”. *Agrokémia és Talajtan*. 2: 97–107.
- FILEP GY. (1999): Talajtani alapismeretek I. Debrecen.
- HEMMAT A., AGHILINATEGH N., REZAJNEJAD Y. & SADEGHI M. (2010): Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. *Soil & Tillage Research*. 108: 43–50.
- KAZÓ B. (1981): Homoktalajok melioratív javítása hígtrágya, barnaszén, zeolit dezaggregátumokkal. *Agrokémia és Talajtan*. 30. 1-2: 199–201.

## **Szennyvíziszap komposzt kezelés hatása a talaj térfogattömegére és légáteresztő képességére**

---

- KÁDÁR I., NÉMETH T. & SZEMES I. (1999): A nyírlugosi tartamkísérlet 1998. évi eredményei. Kézirat. Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest.
- LAZÁNYI J. (2003): Bentonitos tufa a homoktalajok javításában. Agrárgazdaság Vidékfejlesztés és Agrárinformatika az évezred küszöbén (AVA), Debrecen, 4-8.
- MAKÁDI M. (2010): Ásványi és szerves adalékanyagok hatása a nyírségi homoktalajok mikrobiológiai tulajdonságaira. Doktori Értekezés. Gödöllő.
- MOLDRUP P. YOSHIKAWA S. OLESEN T. KOMATSU T. & ROLSTON D. E. (2003): Air permeability in undisturbed volcanic ash soils: predictive model test and soil structure fingerprint. *Soil Science Society of American Journal*. 67: 32-40.
- MYLAVARAPU R. S. & ZINATI G. M. (2009): Improvements of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scientia Horticulturae*. 120: 426-430.
- REICHERT J. M, BRANDT, A, HORN R. REINERT D. J. & GUBIANI P. I. (2009): Mechanical properties and air and water permeability of three subtropical soils under different soil uses. *ISTRO 18th Triennial Conference Proceedings*, Izmir, Törökország. 3-6.
- SABRAH R. A. E.; MAGID, ABDEL H. M. A., ABDEL-AAL S. I. & RABIE R. K. (1995): Optimizing physical properties of a sandy soil for higher productivity using town refuse compost in Saudi Arabia. *Journal of Arid Enviroments*. 29: 253-262.
- STEFANOVITS P., FILEP GY. & FÜLEKY GY. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- SZEGI T. (2009): Ásványi és szerves adalékanyagok hatása a nyírségi homokterületek fizikai és kémiai tulajdonságaira. Doktori (Ph. D) értekezés. Gödöllő.
- SZENDREI G. (1998): Talajtan. Egyetemi jegyzet. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- TAMÁS J. & BLASKÓ L. (2008): Környezettechnológia. Elektronikus tankönyv.
- TANG A. M., CUI Y-J. C., RICHARD G., & DÉFOSSEZ P. (2011): A study on the air permeability as affected by compression of three French soils. *Geoderma*. 162: 171-181.
- TÁLLAI M. (2011): Bentonit és zeolit hatása savanyú homoktalajok tulajdonságaira és biológiai aktivitásának változására. Doktori értekezés. Debrecen.
- TEJADA M. & GONZALEZ J. L. (2007): The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. *Soil and Tillage Research*. 93: 197-205.
- TOMBÁ CZ E., SZEKERES M., BARANYI L. & MICHELI E. (1998): Surface modification of clay minerals by organic polyions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 141: 379-384.
- VÁRALLYAY GY. (1984): Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. *Agrokémia és Talajtan*. 33: 159-169.
- WESTSIK V. (1951): Homoki veté sforgóinkkal végzett kísérletek eredményei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- ZEBARTH B. J., NEILSEN G. H., HOGUE E. & NEILSEN D. (1999): Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. *Canadian Journal of Soil Science*. 79: 501–504.

ZINATI G. M., LI, Y. C. & BRYAN H. H. (2001): Utilization of compost increases organic carbon and its humin, humic and fulvic acid fractions in calcareous. *Compost Science & Utilization*. 9: 156–162.

### Talaj- és ásványtani vizsgálat Sopron Fő terén

*Hofmann Eszter – Bolodár-Varga Bernadett – Bidló András – Horváth Adrienn*

*Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Termőhelyismerettani Intézeti Tanszék*

#### Összefoglalás

Sopron város Fő terének felújítását régészeti feltárás előzte meg 2009 végén. Ennek során lehetőségünk nyílt különböző korokban egymásra rakódott talajrétegek tanulmányozására, talajminták gyűjtésére és vizsgálatára. Az eredeti talajt kb. 4-5 méter mélységben azonosítottuk be, a további talajrétegek pedig a 2,3 méter mélyen még fellelhető Borostyánkő út maradványaira rakódtak és jól láthatóan rétegződtek. Egy választott oldalfalon jelöltük ki a talajszelvényünket, melyen nyolc réteget különítettünk el. Ezek közül kiemelendő a „vörös réteg”, amely a római városfalra épült favázas földsánc kiégett maradványa a régészeti feltárások szerint.

A rétegek gyengén lúgos vagy lúgos (8,0-9,0) kémhatásúak, a legmagasabb  $pH_{H_2O}$ -t a vörös rétegben mértük. A vizsgált minták kivétel nélkül magas karbonát tartalommal (25-45%) bírtak. Talajtextúrát tekintve a lazább homokos, homokos vályog összetétel volt jellemző, mely gyakran jellemző a kevert városi talajrétegekre. A rétegek humusztartalma 0,12-4,31 H% közötti értékeket mutatott. A vizsgált talajmintákban kiugró toxikus nehézfém koncentrációkat ( $Cd_{total}=1,02$  mg/kg,  $Pb_{total}=343,3$  mg/kg,  $Zn_{total}=317,3$  mg/kg) a vörös réteg alatt (110-140 cm) mértünk. Az 110 cm alatti rétegek sokkal terheltebbnek bizonyultak a felsőbb rétegeknél. A talajmintákat TGA/DSC 1 termograviméterrel is megvizsgáltuk, egyenletes felfűtés (5°C/perc) mellett, 25-1000°C között, szintetikus levegő atmoszférában. A termoanalitikai kiértékelés alapján a legnagyobb mennyiségben kvarc és karbonát ásványok jellemezték a mintákat, a kalcit a vörös sánc rétegben is dominált. A vörös réteg alatt szervesanyagok is megjelennek a talajszintekben, két határozott exoterm csúcs jellemző 400-500 °C környékén.

**Kulcsszavak:** Sopron, vörös sánc, talajtulajdonságok, termoanalízis

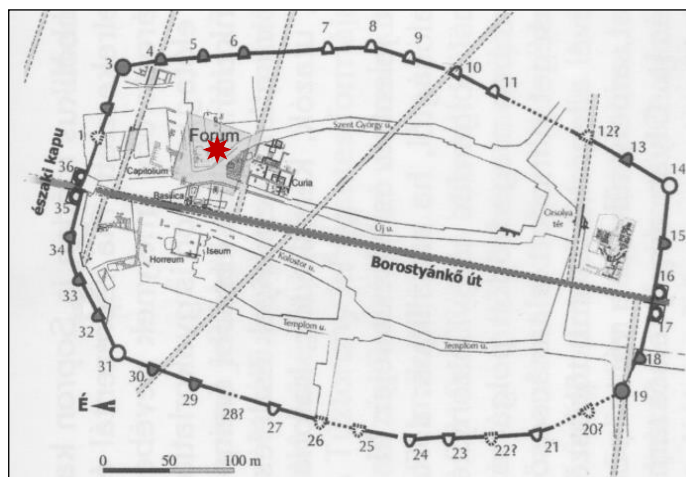
#### Summary

The renovation of Main Square of Sopron carried out on the end of 2009. Therefore, we had the opportunity to investigate the soil properties of different historical ages and to collect soil samples from 8 separated layers. One of the layers is called as "red rampart", which is the remain of a burned wooden rampart from the Roman city wall. The soil pH of layers was weakly alkaline or alkaline (8.0 to 9.0), the highest value measured in the red rampart. High  $CaCO_3$  content (25-45%  $CaCO_3$ ) was typical for all layers. Texture was sandy or sandy loam, which is characteristic for urban soil layers. Humus content were 0.12 to 4.31%. Outliers ( $Cd_{total} = 1.02$  mg/kg,  $Pb_{total} = 343.3$  mg/kg,  $Zn_{total} = 317.3$  mg/kg) were found under the red rampart layer from 110 to 140 cms. The layers below 1.1m were much more polluted than the surface layers. Soil samples examined with TGA/DSC 1, uniform heating (5 °C/min), between 25 to 1.000 °C in synthetic air atmosphere. Based on

thermoanalytical results, quartz and carbonate minerals characterized the composition samples. Especially calcite dominated in the red rampart.

### Bevezetés

Sopron a Soproni-hegység és a Fertő-tó melletti Balfi-dombság között, az Ikva patak völgyében fekszik. A Soproni-medence kedvező földrajzi fekvése miatt az őskor óta lakott terület. A régészeti feltárások során sok újkőkori, réz- és bronzkori lelet került elő. A római korban *Scarbantia* virágzott a mai soproni belváros területén, melyen áthaladt az észak-déli Borostyánkő út. A népvándorlás korában a település romvárossá vált, új város i. sz. 900 körül jött létre, melyet még 5-6 méteres magasságban védtek a római kori városfalak. A sorozatos barbár támadások miatt I. István az egykori *Scarbantia* helyén határvárat emelt, melyet pontosan a római kori vár vonalára építettett (TÓTH, 2011). Kr.u. 1030 és 1074 között véletlen tűzvész pusztított a várban, melynek következtében az agyagos föld vörösre égett, fellelhetők a megszenesedett gerendák maradványai is. A keletkezés történetében azonban megoszlanak a régészeti vélemények. Egyes várostörténet kutatók szerint ellenséges támadás miatt ütött ki tűz, míg mások szerint egy a 10. században elterjedt építési technikával állunk szemben, melyet vörös-sánc technikaként is említenek. A vörös-sánc a leírás szerint egy több méter magas földhalom volt, melynek tetején egy másfél méter széles agyagba rakott kőfal húzódott. A kövek között fa gerendák feküdtek, így biztosítva a levegőjáratokat a tökéletes kiegészítéshez, melyek meggyújtásával az agyagos föld vörösre, illetve üvegkeménységűre égett (BARÁZ, 2013). A várfalakon belül a falakhoz támaszkodva kezdtek építkezésekre, így alakultak ki az ellipszis vonalú utcák, melynek egyik gyűjtőpontjában a Fő tér vagy Fórum jött létre (GÖMÖRI, 2013) (1. ábra).



**1. ábra. Az É-D-i Borostyánkő út és a Fórum elhelyezkedése (GÖMÖRI, 2013) (A vizsgált talajszelvény helye csillaggal jelölve)**

A soproni vörös sáncból származó minták esetében már korábban is történtek kémiai, mágneses és termolumineszcens vizsgálatok (VERŐ, 1988) és a minták mikroszondás elemzése alapján (GYÖRGY & TAKÁCS, 1988) Si és Ca volt a legjellemzőbb alkotó elem. BENKŐ (1988) termolumineszcencia vizsgálatok alapján  $835 (\pm 12\%)$  évre becsülte a vörös sánc korát, így a sánc kiégése a hibaszázalékot is figyelembe véve 1151 körül történhetett. A 2009-es év végén Sopron Fő terén (az egykori Fórum helyén) felújítási

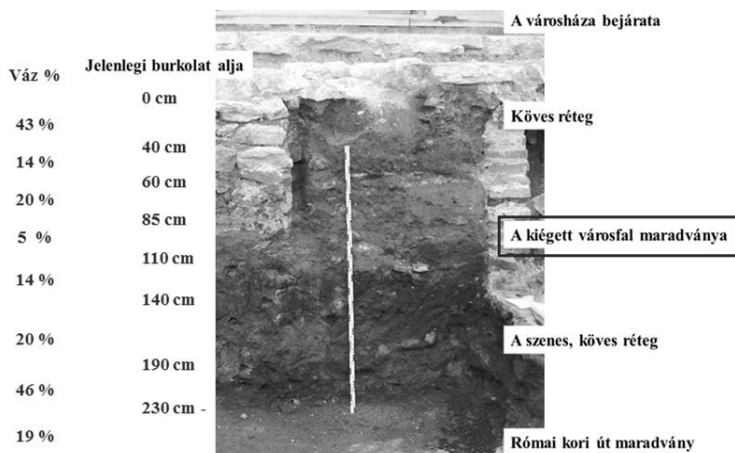


## Talaj- és ásványtani vizsgálat Sopron Fő terén

munkálatok kezdődtek meg, melyet régészeti feltárás is megelőzött, így lehetőségünk volt az egymásra rakódott talajrétegek tanulmányozására.

### Anyag és módszer

A felújítási munkálatok során az egymásra rakódott talajrétegek mintavételéhez egy jól rétegződött oldalfalat választottunk (2. ábra) a jelenlegi városháza bejárata előtt mintegy 1 méterrel. A szelvény koordinátái É 47°41'11,58"; K 16°35'28,73". A talajszelvény legalsó szintje (190-230 cm) közvetlenül a Borostyánkő út legfelső szintje felett helyezkedett el 230 cm-es talajmélységben. (Az idők során a rómaiak több egymás felett elhelyezkedő utat építettek a vizsgált részen.) Az elkülönülő rétegek között a 60-85 és 85-110 cm-en található a már korábban említett „vörös-sánc” (a későbbiekben vörös réteg), mely alatt egy fekete, szenes, köves réteg különült el. Szakmai szempontok alapján nyolc réteget különítettünk el és mintáztunk meg. Feljegyeztük az egyes szintek színét, szerkezetét, tömödtségét, humusztartalmát, fizikai féleségét és az esetleges kiválásokat, talajhibákat (2. ábra).



2. ábra. A római kori útra rakódott talajrétegek

A talajminták kémhatását (pHH<sub>2</sub>O, pHKCl - MSZ 08-0206-2:1978), CaCO<sub>3</sub>-tartalmát (MSZ 08-0205:1978) és szervesanyag-tartalmát (FAO, 1990), illetve – az Arany-féle kötöttségi szám alapján – fizikai féleségüket és mechanikai összetételüket (MSZ 08-0205:1978) határoztuk meg. Ezen kívül ammónium-laktát oldható (AL) foszfortartalom (mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 g), és káliumtartalom (mg K<sub>2</sub>O/100 g) került meghatározásra. Az általános talajtulajdonságok vizsgálata mellett az összes toxikus nehézfém-tartalmakat is meghatároztuk 24 elem esetében (Al, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se, Sr, Te, Tl, Zn). A felsorolt elemek közül a Cd, Co, Cu, Ni, Pb, és Zn eredményeket emeltük ki a kiértékelést követően, mivel ezen elemek halmozódhatnak fel leginkább az antropogén talajokban, mellyel károsíthatják az emberi egészséget (HORVÁTH et al., 2015). Az összes elem feltárását (HNO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – MSZ 21470-50:2006) követően a talajkivonatok elem-tartalmát induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer (ICP-OES -ICAP 6000 Series) készülékkel mértük meg. A kiértékelésben

irányadónak a Magyarországon hatályos 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletet vettük figyelembe.

Az ásványi összetétel megismerésére zajlottak termogravimetriás analízis/differenciális pásztázó kalorimetria vizsgálatok is a Mettler TGA/DSC 1 termograviméterrel, egyenletes felfűtés mellett (5°C/perc), levegő atmoszférában. A felsorolt vizsgálatokat a Nyugat-magyarországi Egyetem Termőhelyismerettani Intézeti Tanszék laboratóriumában végeztük. A fizikai, kémiai és nehézfém-tartalmi vizsgálatokkal a közel 2 évezredes emberi hatás környezetformáló tevékenység mértékének kimutatása, míg a termogravimetriás mérésekkel a vörös sánc – feltételezett – eredetének meghatározása volt a célunk.

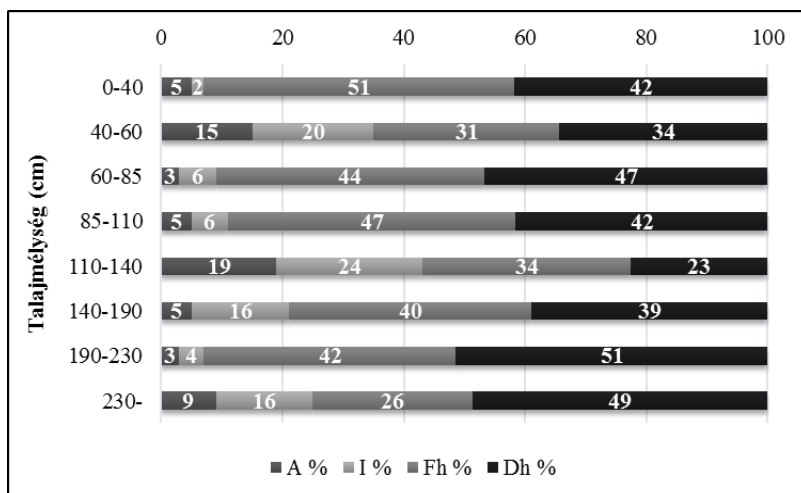
A vizsgált szelvény a WRB 2014 alapján Urbic Technosol (Calcic), a hazai osztályozás szerint a mesterséges talajképződmény (MEST) genetikai talajtípusba soroltuk (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal - NÉBIH).

### Eredmények

A minták kémhatása a városi talajokra jellemzően gyengén lúgos vagy lúgos volt, a legmagasabb pH-t a vörös rétegben mértük. Ennek oka lehet a feltételezett kiégetés, hiszen a hamu kémhatása szintén erősen lúgos. Talajsavanyodásra való hajlamot csak az alsó vörös réteg mutatott a pH<sub>KCl</sub> értékek alapján.

**1. táblázat. Laborvizsgálati eredmények az egész talajszelvényre nézve szintenként**

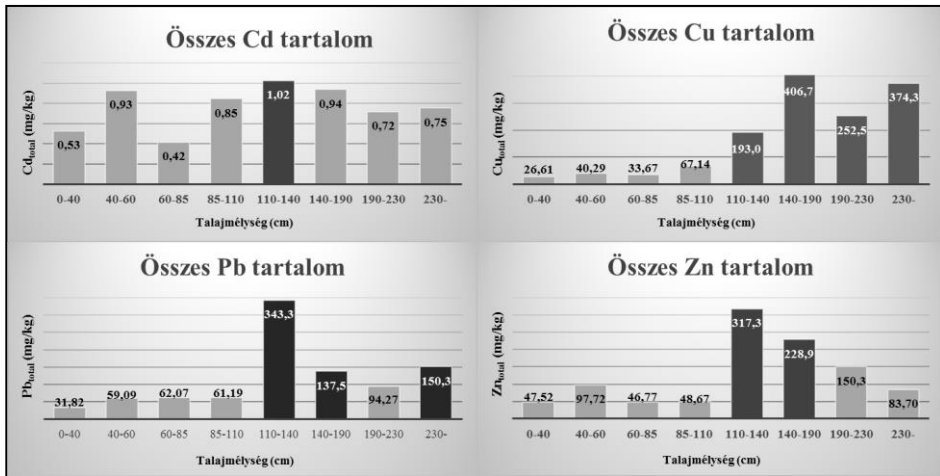
mélység g cm	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	CaCO <sub>3</sub> %	H%	K <sub>A</sub>	AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/ 100 g)	AL-oldható K <sub>2</sub> O (mg/ 100 g)
<b>0-40</b>	8,5	7,7	45	1,82	23	125,4	22,8
<b>40-60</b>	8,5	7,7	27	3,09	36	160,5	78,8
<b>60-85</b>	<b>8,9</b>	<b>8,0</b>	<b>29</b>	<b>0,12</b>	<b>40</b>	<b>132,8</b>	<b>135,9</b>
<b>85-110</b>	<b>9,0</b>	<b>8,0</b>	<b>25</b>	<b>0,45</b>	<b>41</b>	<b>141,0</b>	<b>120,1</b>
<b>110-140</b>	8,0	7,5	31	4,31	47	197,0	108,2
<b>140-190</b>	8,2	7,8	36	3,68	38	214,5	68,4
<b>190-230</b>	8,5	8,0	44	1,94	30	190,0	60,4
<b>230-</b>	8,6	7,8	25	1,34	27	142,0	66,6



**3. ábra. A római kori útra rakódott talajrétegek szemcseösszetétele**

(frakció jelölés: A% - agyag, I% - iszap, Fh% - finom homok, Dh% - durva homok)

A talajminták magas  $\text{CaCO}_3$ -tartalmat a talajokban lévő nagy mennyiségű építési törmelékkal magyarázható (2. ábra). A talajok szerkezete laza, kevésbé kötött volt, ami összefügg a homok, homokos vályog összetétellel (3. ábra). Mivel városi talajról van szó, érthető, hogy elég változatos szemcseösszetételű talajrétegekről beszélhetünk, az építkezések során felhasznált homok változó arányban jelenhet meg az egyes korokban lerakódott talajrétegekben. A legmagasabb agyag százalékú a 110-140 cm-es réteg volt, ahol az agyag- és humusz kolloidokhoz jelentős mennyiségű nehézfém kötődött. A szervesanyag-tartalom a szintek többségében közepes volt a vörös rétegeket kivéve, ahol a szervesanyagok hiánya szintén a kiegészítésre utalhat. Az AL-oldható foszfor és kálium koncentrációkat tekintve a kálium szintén a két vörös rétegben mutatta a legmagasabb értékeket. A vörös rétegben mért magas AL-oldható kálium koncentráció a kiegészítés során keletkezett hamura utalhat. A foszfor értékek inkább a vörös rétegek alatti, mélyebb szintekben mutatnak magas értékeket. Ennek legvalószínűbb oka, hogy a régészeti feltárások során emberi csontváz is találtak ~180 cm mélyen, hisz nem volt szokatlan, hogy őseink a romok közé temetkezzenek. A nehézfémtartalmi vizsgálatok alapján a vörös réteg alól származó talajminták a legterheltebbek kadmiummal, ólommal és cinkkel (4. ábra). Ennek oka valószínűsíthetően a középkori fémmegmunkálás és a fórum környéki kovácsműhelyek tevékenysége lehetett illetve a magas agyagtartalom. Sötét színnel a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet szennyezettségi határértékeit meghaladó eredményeket emeltük ki az adott elemre vonatkozóan.



4. ábra. Kadmium, réz, ólom és cinktartalom a vizsgált talajszintekben

A termoanalitikai kiértékelés alapján a talajmintákban legnagyobb mennyiségben kvarc és karbonát ásványokat találtunk, a karbonátok közül a kalcit volt legjellemzőbb. Ennek mennyisége a vörös sánc rétegben elérte a 17%-ot. A 2. táblázat mutatja a talajrétegek termikus analízissel mért karbonáttartalmát.

2. táblázat. Termikus analízissel mért karbonáttartalmak az egyes talajszintekben

Talajmélység (cm)	0-40	40-60	60-85	85-110	110-140	140-190	190-230	230-
CaCO <sub>3</sub> % termoanalízis	40	20	20	17	23	27	32	18

A minták színváltozása a termikus vizsgálat során információval szolgálhat a hevítés közben végbemenő folyamatok elemzéséhez. Ahogy az 5. ábrán is látható, hő hatására vörös és fakóbarna színűek lettek a talajminták, a vörös réteg színe (85-110 cm) nem változott a hevítés során. Jelentősebb változás a vörös réteg alatti szintekben figyelhető meg, ahol a szürkés, szenes rétegek vörös színűek lettek, mely a vas jelenlétére utalhat és a DTG felvételein is jól látható 300°C-nál egy csúcs, mely a Fe-oxid-hidroxid ásványokra jellemző.

MÉRÉS ELŐTT

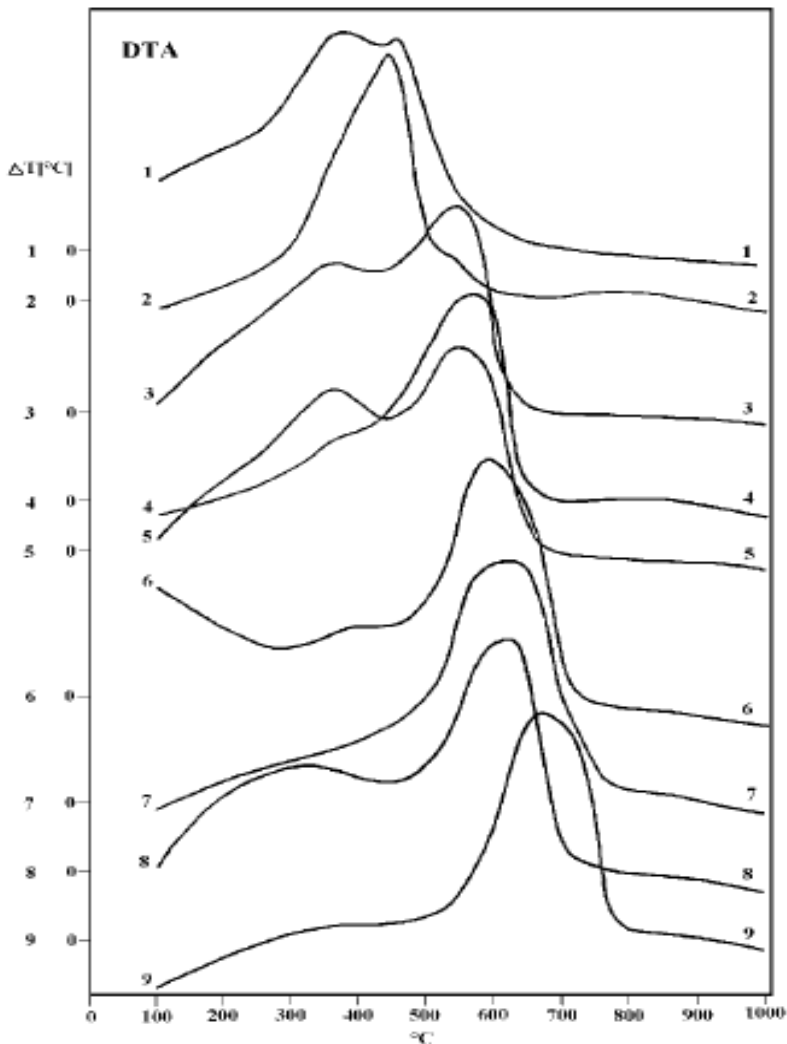


MÉRÉS UTÁN

0-40 40-60 60-85 85-110 110-140 140-190 190-230 230-

5. ábra. A talajminták termikus vizsgálat előtt és után a vizsgált rétegek mélysége szerint (cm)

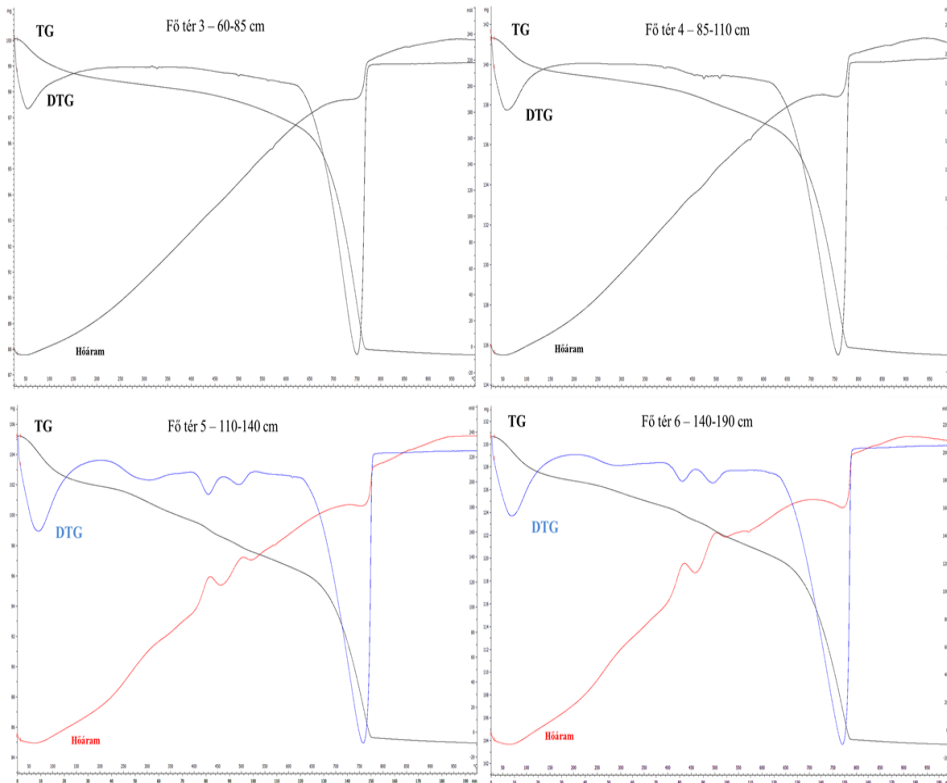
A termoanalitika számos lehetőséget nyújt a természetes szerves anyagok vizsgálatára, amelyek termikus reakciói általában bonyolult folyamatok. A kiégett vörös réteg alatt és felett megjelennek a szervesanyagok a talajban. A talajban található szerves komponensek a levegőn történő hevítés hatására elégnak, miközben hő fejlődik. A szerves anyag égésekor felszabaduló hő erősen függ a benne található funkciós csoportok minőségétől és mennyiségétől. A szénülési fok növekedése szerint a széntartalom növekszik és az illók mennyisége csökken. Ez a változás termikusan összhangban van a telítetlen kötések és a funkciós csoportok redukciójával, és az aromás csoportok mennyiségének növekedésével (FÖLDVÁRI, 2011). Az égés kezdő hőmérséklete a szervesanyagok gyulladási, bomlási hőmérsékletétől függ, így a mért görbéből következtetni lehet a szervesanyagok típusára (PLANTE et al., 2009). A szerves vegyületek égése határozott exoterm reakciókat mutat gyakran széles hőmérsékleti tartományokban.



6. ábra. Különböző szerves (szén)vegyületek exoterm csúcsai (FÖLDVÁRI, 2011)

A 6. ábrán is jól látható, mely különböző szerves (szén)vegyületek határozott exoterm csúcsait mutatja (FÖLDVÁRI, 2011).

A Fő téri talajminták termikus elemzése során kapott felvételekből (7. ábra) jól látszik a mintákban lévő kalcit és kvarc előfordulás, illetve a szervesanyagok 400-500 °C környékén megjelenő határozott exoterm csúcsai, melyek a 6. ábrán látható szénvegyületek határozott exoterm csúcsaihoz hasonló jellegűek, ezek a szénülés folyamatát feltételezik ezekben a talajszintekben.



**7. ábra. A vörös réteg és az alatta elhelyezkedő szenes, köves rétegek termoanalitikai felvételei**

### Eredmények megvitatása és értékelése

A laboratóriumi vizsgálatok alapján a mai napig vitatható eredetű vörös réteg lúgos kémhatása, magas káliumtartama, illetve a termikus analízis eredményei (szervesanyag és agyagásvány jelenléte sem kimutatható) a korábban említett gerendákkal tűzdelt földsánc kiegészésére utal.

A vörös réteg alatti minták magas nehézfém tartalmi értékei az akkori korra jellemző fémmegmunkálásból adódhattak. A vörös sánc alatt (110-140 cm) a termoanalitikai vizsgálatok alapján a szén jelenléte is feltételezhető, melynek exoterm csúcsai 400-500 °C

## Talaj- és ásványtani vizsgálat Sopron Fő terén

---

között jellemzőek, amely megerősítette terepi megfigyelésünket. A korábban említett kémiai, mágneses és termolumineszcens vizsgálatok eredményeit összevetve a saját eredményeinkkel jó egyezést tapasztaltunk. A termoanalitikai felvételeink alapján a Fő téri talajszelvénynél főleg a  $\text{SiO}_2$  és a  $\text{CaCO}_3$  tartalom dominált a talajmintákban (lásd 2. táblázat, 7. ábra), mely megerősíti GYÖRGY és TAKÁCS (1988) által mért magas Si és Ca eredményeket. Az említett korábbi eredmények és az általunk vizsgált talajszelvény eredményei összhangban vannak egymással, hiszen a lúgos kémhatás, a szervesanyag és egyéb ásványok hiánya jelezheti tehát a vörös rétegek kiégését. A talajszelvény vizsgálata elmúlt korok lenyomatát tárta fel számunkra.

### Köszönetnyilvánítás:

Köszönet illeti Stark Miklósnét és Varga Zsófiát a mintavételben és laborvizsgálatokban való közreműködésükért.

### Irodalom

6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről

BARÁZ, Cs. (2013): A Kő-köz sáncai - Középkori várak és utak a Bükkben. Zöld Horizont 3(23): 4-5

BENKŐ, L. (1988): A soproni vörös sánc anyagának termolumineszcencia-vizsgálata. Soproni Szemle XLII. 2. 24-26.

FAO 1990. Guidelines for soil description. 3rd Ed. (revised). Soil Resources, Management and Conservation Service, Land and Water Development Division. FAO, Rome. pp. 70.

FÖLDVÁRI, M. (2011): Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice 213. Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary, Budapest.

GÖMÖRI, J. (2013): Scarbantia maradványai a soproni Fő téren és körzetében. Régészeti kutatások 1971 és 2003 között. Kő kövön I. kötet. Vince Kiadó, Budapest. 213-224.

GYÖRGY, L. & TAKÁCS, S. (1988): A soproni vörös sánc kémiai vizsgálatának eredménye. Soproni Szemle XLII. 2. 21-24.

HORVÁTH, A., SZÜCS, P. & BIDLÓ, A. (2015): Soil condition and pollution in urban soils: evaluation of the soil quality in a Hungarian town. J Soils Sediments 15(8):1825-1835.

MSZ 08-0206-2:1978 A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok (pH-érték, szódában kifejezett fenoltalein lúgosság, vízben oldható összes só, hidrolitos /y1-érték/ és kicserélődési aciditás /y2-érték/).

MSZ 08-0205:1978 A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata.

MSZ 21470-50:2006 Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és az oldható toxikus elem-, nehézfém- és a króm(VI)tartalom meghatározása.

PLANTE, A. F., FERNANDEZ, J.M. & LEIFELD, J. (2009): Application of thermal analysis techniques in soil science. Geoderma 153 p. 1-10.

TÓTH, I. (2011): Sopron város története. Kutatási összefoglaló, Soproni Múzeum, Sopron p 10

VERŐ, J. (1988): Mágneses mérések a soproni vörös sánc területén. Soproni Szemle XLII. 2. 26-27.



### **Közérdekű ásványi nyersanyag előfordulások koncepciójának alkalmazási lehetőségei a talajjavító ásványi nyersanyagokra – hazai és EU-s (MINATURA2020) projektek**

*Horváth Zoltán<sup>1</sup>, Sári Katalin<sup>1</sup>, Újháziné Kerék Barbara<sup>1</sup>, Barczikayné Szeiler Rita<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet*

#### **Összefoglalás**

Az elmúlt években először a nemfém szilárd ásványi nyersanyagok iránt növekedett meg az érdeklődés, majd 2015-ben a talajjavító ásványi nyersanyagokkal kezdett részletesebben foglalkozni a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet. Ezzel párhuzamosan az Európai Bizottság Horizont 2020 Kutatási és Innovációs Programjának keretén belül indult el a MINATURA2020 projekt ([www.minatura2020.eu](http://www.minatura2020.eu)). A hároméves projekt legfőbb célja, hogy kidolgozza a „közérdekű ásványi nyersanyag-előfordulások” (Mineral Deposits of Public Importance, MDoPI) meghatározásának és védelmének koncepcióját, illetve módszertanát, így biztosítva ezek legmegfelelőbb felhasználását a jövőben – azzal a céllal, hogy a harmonizált európai szabályozási, útmutatási vagy politikai keret részévé váljon. Jelen cikkünkben a MINATURA2020 projektben megfogalmazott koncepciót a hazai talajjavító ásványi nyersanyagokra alkalmazzuk.

#### **Summary**

The interest in non-metallic minerals was growing in the last few years, and then in 2015 the Geological and Geophysical Institute of Hungary began to study soil fertilizer minerals. Meanwhile the MINATURA2020 project was launched within the Horizon 2020 EU Framework Programme for Research and Innovation ([www.minatura2020.eu](http://www.minatura2020.eu)). The overall objective of this three-year project is to develop a concept and methodology for the definition and subsequent protection of “Mineral Deposits of Public Importance” (MDoPI) in order to ensure their best use in the future with a view to being included in a harmonised European regulatory, guidance or policy framework. In this paper the concept set out in MINATURA2020 project is applied to Hungarian soil fertilizer minerals.

#### **Bevezetés**

Az elmúlt években egyre nagyobb hangsúlyt kapnak az ásványi nyersanyagok, s az azokkal kapcsolatos feladatok az EU tagállamaiban, EU szinten, s természetesen globális viszonylatban is. Ennek megfelelően az Európai Bizottság is komoly lépéseket tett a témakör megvizsgálására, a nyersanyagfüggőség csökkentése érdekében való intézkedések meghatározására, illetve az ezekhez szükséges pénzügyi források megteremtéséhez, biztosításához.

Az Európai Innovációs Partnerség (EIP) a nyersanyagok konzultatív fóruma, amely összehozza az ipari szektor, a közszolgáltatások, a tudományos élet és a civil szervezetek képviselőit. A kapcsolódó Stratégiai Megvalósítási Terv Nyersanyagokra (EIP SIP 2013) Az EIP küldetése, hogy magas szintű iránymutatást adjon az Európai Bizottságnak, a tagállamoknak és a magánszektor szereplőinek az alapanyagokkal kapcsolatos kihívások

innovatív megközelítéseire. Az EIP egy újfajta megközelítés az uniós kutatásokra és innovációra. Azáltal, hogy összefogja a teljes kutatási és innovációs értéklánc szereplőit, célja előmozdítani az erőfeszítéseket és felgyorsítani az innovációhoz kapcsolódó piac bővülését, amely kulcsfontosságú kihívás Európa számára.

Az EIP Stratégiai Megvalósítási Terve (SIP) határozza meg a konkrét célokat. Az intézkedések között szereplő kutatás és fejlesztés terve foglalkozik az ásványvagyon politikai keretrendszer helyzetével, az elfogadott gyakorlatok terjesztésével, az ismeretek bővítésével és a nemzetközi együttműködések elősegítésével. A SIP három pilléren alapul: a technológiai, a nem technológiai és a nemzetközi együttműködési pillér. A második pillér egyik fontos feladata az ásványi nyersanyag-potenciál hozzáférhetősége az EU-ban.

A korábbi, keszthelyi Talajtani Vándorgyűlésen bemutatott (HORVÁTH et al. 2015) nemfemes szilárd ásványi nyersanyag potenciál-felmérés, illetve a Fenntartható Aggregátum Tervezés DK-Európában c. projektek bemutatása után 2016-ban, Debrecenben a talajjavító ásványi nyersanyagok kapcsán végeztünk értékelést a „közérdekű ásványi nyersanyag előfordulás” koncepcióját megalapozó MINATURA2020 projekttel összefüggésben.

A mezőgazdasági hasznosítás szempontjából legfontosabb ásványi nyersanyagok felhasználási területei (1. táblázat):

**1. táblázat: A tárgyi ásványi nyersanyagok mezőgazdaságban való felhasználásai**

Nyersanyagnév	Mész tartalmú anyagok	Szerves anyag bevitelre alkalmas anyagok	Vízháztartás	Ionháztartás	Egyéb
Lápi mész	+	+	+	+	
Talajjavító mészkő, mészkőpor	+				
Talajjavító dolomit, dolomitpor	+				
Kréta	+				
Vegyes tőzeg		+	+	+	
Érett tőzeg		+	+	+	kertészet
Rostos tőzeg		+	+	+	kertészet
Lápföld		+	+	+	
Alginit		+	+	+	állattartás
Bentonitos nemesagyag			+	+	

**Közérdekű ásványi nyersanyag előfordulások koncepciójának alkalmazási lehetőségei a talajjavító ásványi nyersanyagokra – hazai és EU-s (MINATURA2020) projektek**

Nyersanyagnév	Mész tartalmú anyagok	Szerves anyag bevitelre alkalmas anyagok	Víz háztartás	Ion háztartás	Egyéb
Kaolinos nemesagyag				+	
Illites nemesagyag				+	
Zeolitos riolittufa			+	+	állattartás
Kálitufa				+	
Perlit			+		kertészet

**Anyag és módszer**

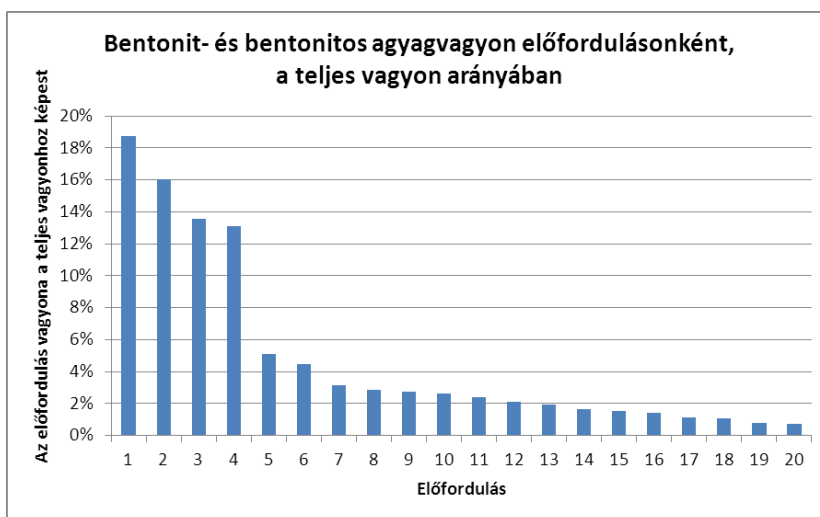
A MINATURA2020 projekt által megfogalmazott „közérdekű ásványi nyersanyag-lelőhelyek” kijelöléséhez nincs kialakult módszertan, és a projektnek nem is célja, hogy pontosan megszabja, mely előfordulás számít közérdekűnek. Ehelyett csak útmutatást ad, és a közérdekű lelőhelyek tényleges kijelölését a tagállamokra bízta – így minden országban a helyi adottságoknak megfelelően lehet dönteni. A közérdekű ásványi nyersanyag-lelőhelyek kijelölése többféleképpen történhet, ideális esetben több szempontot is figyelembe véve, pl. a rendelkezésre álló ásványi nyersanyag mennyiségét, minőségét, a lelőhely elhelyezkedését. Jelen esetben a nyilvántartásban szereplő talajjavító ásványi nyersanyag-előfordulásokat vettük alapul, tehát a működő, szünetelő és bezárt bányákat, valamint a megkutatott területeket. A nyilvántartásban minőségi adatok nem szerepelnek, így az ásványvagyon mennyisége alapján rangsoroltuk az előfordulásokat, és a kiugróan nagy ásványvagyonnal rendelkező lelőhelyeket jelöltük meg közérdekűként. Vizsgáltuk azt is, hogy az egyes lelőhelyek ásványvagyona hogy viszonyul az adott nyersanyagból országosan rendelkezésre álló vagyon mennyiségéhez, és azokat a lelőhelyeket választottuk ki, amelyek vagyona legalább a teljes vagyon 5%-át (esetenként 10%-át) kiteszi. Azon nyersanyagok esetén, amelyekből csak néhány előfordulást ismerünk, mindet közérdekűnek tekinthetjük. A fenti módszertan alapján nyersanyag típusonként választottuk ki a közérdekű lelőhelyeket. Az alábbi nyersanyag típusokat vizsgáltuk: karbonátos kőzetek (mész, dolomit), nemesagyagok (bentonitos, kaolinos, illites nemesagyag), szervesanyag-tartalmú kőzetek (tőzeg, lápföld, lápimész, alginit), vulkanitok (perlit, kálitufa, zeolit), egyéb (gipsz-anhidrit).

**Eredmények és értékelésük**

A karbonátos kőzeteket elsősorban nem talajjavítási célra használják, azonban néhány előfordulás esetén a nyersanyag nevében is megjelenik ez a felhasználás (talajjavító mész, dolomit). A 2015. január 1. állapotnak megfelelő ásványvagyon-nyilvántartásban (Magyar Bányászati és Földtani Hivatal) két ilyen előfordulás szerepel, egy

bátonyterenyei talajjavítási mészkő és egy keszthelyi talajjavító dolomit, ezt a két lelőhelyet jelöltük meg közérdekűként. Természetesen ez nem jelenti azt, hogy más karbonátos kőzetek nem használhatók talajjavításra.

A nyilvántartásban 33 bentonitos nemesagyag-lelőhely szerepel, amelyek közül 4 ásványvagyona kiemelkedő: 2 egyházaskeszői, egy sárospataki és egy magyargencsi előfordulásé. A teljes hazai bentonitvagyonhoz viszonyítva mindegyik meghaladja a 10%-ot, a 4 lelőhely vagyona meghaladja a teljes vagyon 60%-át (1. ábra).



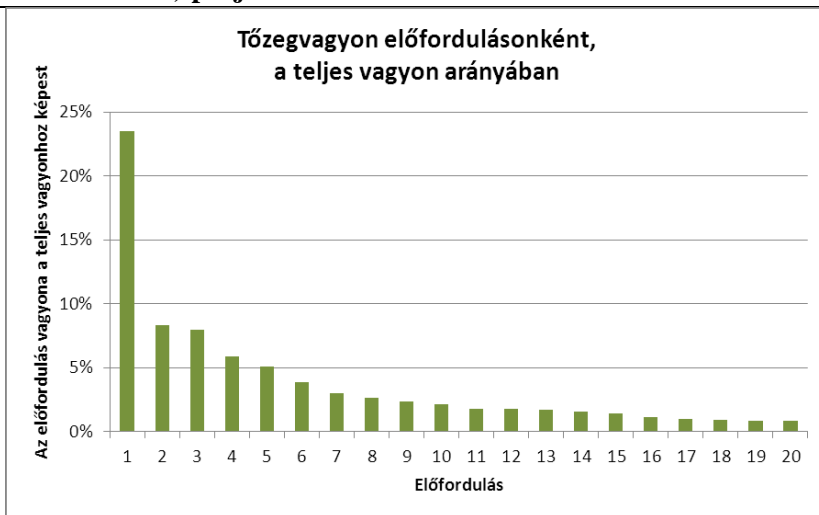
**1. ábra: Bentonitos nemesagyag-előfordulások ásványvagyona a teljes vagyon arányában**

A 32 nyilvántartott kaolinos nemesagyag-lelőhely esetén nem volt egyszerű kiválasztani a közérdekűeket, mert csak egy igazán kiemelkedő vagyonú lelőhely van, de a nyersanyagellátás biztosítása érdekében célszerű több lelőhelyet kijelölni. Végül összesen 6 előfordulást választottunk ki (2 romhányi, 2 mádi, valamint 1-1 szerencs-ondi és bánki lelőhelyet), amelyek mindegyike meghaladja a teljes hazai kaolinos nemesagyagvagyon mennyiségének 5%-át, és összesen annak több mint 70%-át teszik ki.

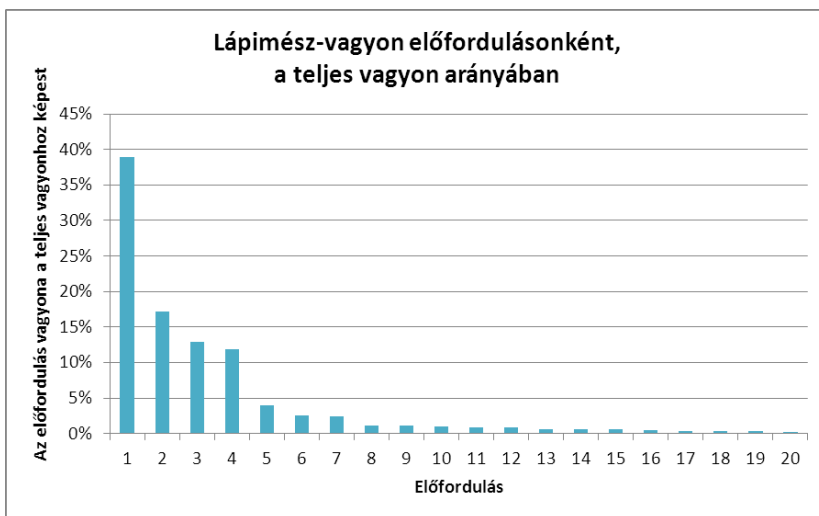
Illites nemesagyag-előfordulás csak egy szerepel a nyilvántartásban, ez Füzérkajátán található.

A nyilvántartott tőzeglélőhelyekkel hasonló a helyzet a kaolinos nemesagyagokéhoz: az első előfordulás vagyona kiugróan magas a többihez képest. Összesen 5 lelőhelyet jelöltünk ki (Keszthely, Balatonmagyaród, Sávoly, Lébény, Szigliget), amelyek mindegyikének ásványvagyona meghaladja a teljes vagyon (5%-át, összesen az 50%-át (2. ábra).

## Közérdekű ásványi nyersanyag előfordulások koncepciójának alkalmazási lehetőségei a talajjavító ásványi nyersanyagokra – hazai és EU-s (MINATURA2020) projektek



**2. ábra: Tőzeg-előfordulások ásványvagyona a teljes vagyon arányában**



**3. ábra: Lápipimész-előfordulások ásványvagyona a teljes vagyon arányában**

Lápföld esetén 4 lelőhelyet jelöltünk meg közérdekűként (Keszthely, Táska, Lébény, Szigliget). Ezekre az előfordulásokra is igaz, hogy ásványvagyonuk egyenként nagyobb, mint az országos vagyon 5%-a, összesen a teljes vagyon 33%-át adják.

Lápipimész esetén 4 kiemelkedő lelőhely minősíthető közérdekűvé: Keszthely, Csór, Sárkeszi és Buzsák. Ezek mindegyike meghaladja a teljes ásványvagyon 10%-át, összesen pedig több mint 80%-át teszik ki a hazai lápipimész vagyonnak (3. ábra).

**Az ásványvagyon-nyilvántartásban 4 alginit-előfordulás szerepel, azonban a gércei lelőhely ásványvagyona jelentősen meghaladja a többit: a teljes vagyon 84%-át foglalja magában. Ebben az esetben ezt az egy előfordulást javasoljuk közérdekűnek tekinteni.**

A 7 hazai perlitlelőhely közül 2 ásványvagyona kiemelkedő (Bózsva, Telkibánya), így ezeket jelöltük ki annak ellenére, hogy a harmadik lelőhely vagyona is meghaladja a 10%-ot a teljes vagyonhoz viszonyítva. A 2 kijelölt terület ásványvagyona a teljes hazai perlit vagyonnak több mint 70%-át adja.

Kálitufa és zeolitos riolittufa esetén a rangsor szerinti első előfordulások ásványvagyona jelentősen meghaladja a többit, így csak egy-egy lelőhelyet jelöltünk ki: a rátkai zeolitos riolittufa- és a bekecsi kálitufa-előfordulást. A teljes vagyonhoz viszonyítva előbbi több mint 70%-ot, utóbbi közel 60%-ot tesz ki.

A közérdekű ásványvagyon-lelőhelyek kijelölése során a gipszet és anhidritet együtt kezeltük. A 3 legnagyobb ásványvagyonú lelőhelyet választottuk ki (egy perkupai és 2 alsótelekesi előfordulás), amelyek mindegyik meghaladja a 10%-ot a teljes vagyonhoz képest, a három lelőhely vagyona együttvéve meghaladja a teljes vagyon 90%-át.

### Összefoglalás és kitekintés

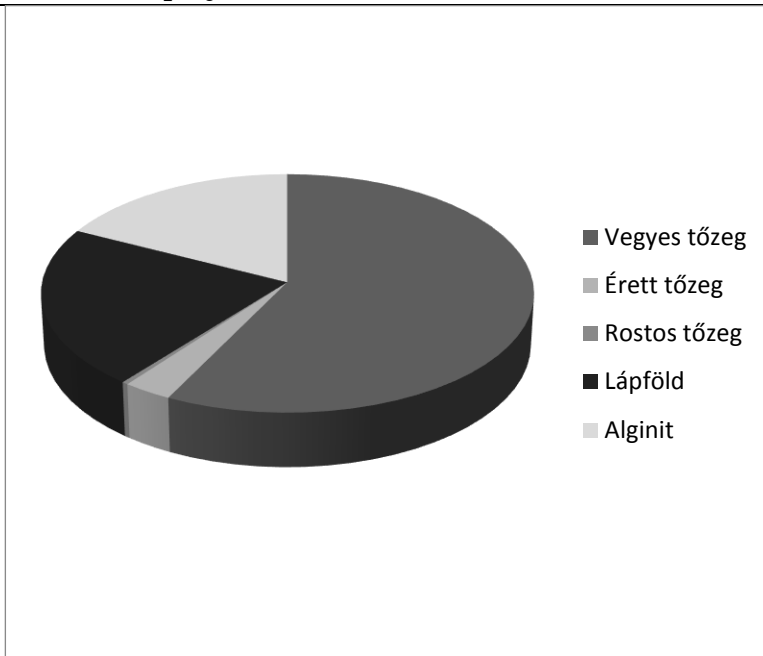
A bemutatott talajjavításban is alkalmazható ásványi nyersanyagok összesített sorrendje a közérdekűség kapcsán a vizsgált szempontok (előfordulás mérete és a vagyon nagysága) szerint: Magyarországon az MBFH által nyilvántartott ásványvagyon tekintetében a vizsgált képződmények közül tőzezből, ezen belül is vegyes tőzezből a legjobb az ellátottság. Ez nem jelenti azt, hogy az ásványi nyersanyag hozzáférhetősége is kielégítő többek között a természetvédelmi korlátozások miatt. Ezután a lápi mészkő következik sorrendben, ami a meszezésre alkalmas talajjavító ásványi nyersanyagok között uralkodó részarányban szerepel (98%). A harmadik legnagyobb mennyiségben jelenleg ismert talajjavító ásványi nyersanyag a zeolitos riolittufa. Ennek felhasználása egyelőre az épít-, környezet- és élelmiszeriparban, illetve a kozmetikai iparban jelentősebb, de talajjavításhoz, kertészetekben is használják. Ezt erősíti meg a NÉBIH nyilvántartásban szereplő terméktípusok (főleg meszezésre és szervesanyag utánpótlásra alkalmas készítmények uralkodnak).

A vagyonarányokat a 4., 5. és 6. ábrák mutatják be.

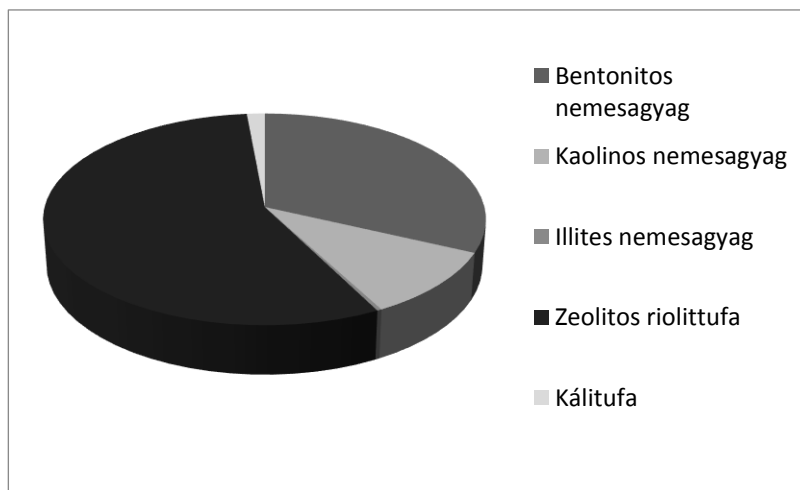


4. ábra: Vagyonarány a meszezésre alkalmas ásványi nyersanyagokon belül.

**Közérdekű ásványi nyersanyag előfordulások koncepciójának alkalmazási lehetőségei a talajjavító ásványi nyersanyagokra – hazai és EU-s (MINATURA2020) projektek**



**5. ábra: Vagyonarány a szervesanyagutánpótlásra alkalmas ásványi nyersanyagokon belül.**



**6. ábra: Vagyonarány a szervesanyagutánpótlásra alkalmas ásványi nyersanyagokon belül.**

Európában tőzeg tekintetében Finnország (6 millió t), Írország (4,1 millió t) és Svédországban (3,7 millió t) van a legtöbb, Magyarországot nem jegyzik a sorban (USGS 2016). Ezekben az országokban várható jelentősebb lápföld tartalék is. Bentonitból az európai össztermelés 44%-át Görögország, Németország 13,1 %-át, Törökország 9,3%-át adta. A hazai 44301 ezer m<sup>3</sup> (MBFH 2014) bentonitos nemesagyag vagyon nincs jegyezve

az európai ranglistán. Egységes adatok (m<sup>3</sup> / tonna, vagyon / készlet) nem érhetőek el jelenleg sem a Brit Geológiai Szolgálat, sem az USA Geológiai Szolgálata (USGS) által vezetett ún. Minerals Yearbook kiadványokban. Európára a MINERALS4EU ([www.minerals4eu.eu](http://www.minerals4eu.eu)) projekt fejleszt harmonizált és teljeskörű adatbázist, de jelenleg az adatbázis hiányos.

### **Következtetések**

Jelen munka keretében a talajjavító ásványi nyersanyagok közérdekűségét elsősorban az ismert előfordulás és az ahhoz kapcsolódó ásványvagyon nagysága alapján vizsgáltuk. Más, a közérdekűség szempontjából értékelhető tényezőt (pl. minőség, igény, környezeti és társadalmi) nem vettünk figyelembe. A módszertan e munka megjelenésekor sem végleges, a szerzők felhívják a figyelmet az ásványi nyersanyagok talajjavító anyagként való hasznosíthatóságának újralapozására, a forrásoldal bemutatásával. A MINATURA2020 partnerországokban az érintettekkel történő további konzultációkra van szükség.

### **Köszönetnyilvánítás**

A szerzők köszönetet mondanak a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal Földtani és Adattári Főosztály munkatársainak, elsősorban Dr. Katona Gábrónak és Dr. Kovács Gábornak a tanulmányhoz szükséges adatok biztosításáért. A MINATURA2020 projekt az EU támogatással jött létre.

### **Irodalomjegyzék, hasznos linkek**

HORVÁTH Z., SÁRI K., BARCZIKAINÉ SZEILER R., NAGYNÉ BARSÍ I., KOLOSZÁR L., KERÉK B., SCHAREK P. & MEZEI É. (2015): Aggregátum típusú építőipari ásványi nyersanyagok potenciáljának felmérése és a Fenntartható Aggregátum Tervezés DK-Európában (SNAP-SEE) projekt bemutatása. TALAJTANI VÁNDORGYŰLÉS – III. szekció, Földtan, légkör, 87-99.

EIP SIP 2013: Strategic Implementation Plan for the European Innovation Partnership on Raw Materials. Part I and II. <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/content/strategic-implementation-plan-sip-0>. 23 and 60 pages.

U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 20. <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/peat/mcs-2016-peat.pdf>.

<http://www.mbfh.hu/home/html/index.asp?msid=1&sid=0&hkl=72&lng=1>

<https://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/worldStatistics.html>

<https://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/europeanStatistics.html>

<http://minerals4eu.brgm-rec.fr/>



## Kationos tenzid hatása nagy agyagtartalmú talajok térfogattömegére és higroszkóposágára

Nagy Edina<sup>1</sup>, Földényi Rita<sup>2</sup> és Sisák István<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Növénytermesztési és Talajtani Tanszék, 8360 Keszthely, Deák F. u.16. Festetics Imre Bioinnovációs Központ, 8360 Keszthely, Festetics u. 7.

Email: [nagy.edina22@gmail.com](mailto:nagy.edina22@gmail.com)

<sup>2</sup>Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Föld- és Környezettudományi Intézet Tanszék, Veszprém

### Összefoglalás

A kutatás célja két eltérő sótartalmú, nagy agyagtartalmú talajtípus térfogattömegének és higroszkóposágának vizsgálata volt különböző előkezelések hatására (előduzzasztás, előduzzasztás - folyadékfázis eltávolítás, előduzzasztás - tenzides kezelés - folyadékfázis eltávolítás, előduzzasztás - tenzides kezelés, előduzzasztás nélkül tenzides kezelés). E talajfizikai paraméterek változásának kiemelt jelentősége van a talajok vízgazdálkodási tulajdonságában. Ez alapján a réti talajminta térfogattömeg értékeinél a folyadékfázis-eltávolítása, míg a higroszkóposágnál emellett a tenzides kezelés is szignifikáns volt. A réti szolonyec esetében a térfogattömeg értékének változásában valamennyi kezelési fázis azonosan nagy jelentőséggel bírt, de a higroszkóposágnál az előduzzasztás és a folyadékfázis eltávolítása mutatott szignifikanciát, míg a tenzides kezelés hatása nem. A kezelt talajminták a higroszkóposáguk alapján döntően vályog fizikai féleségbe sorolhatók.

### Summary

The aim of the research was to investigate the bulk density and hygroscopicity of two different soil types with different salt contents and high clay content after different treatments (pre-swelling, pre-swelling - removal of liquid phase, pre-swelling - surfactant treatment - removal of liquid phase, pre-swelling and surfactant treatment, without pre-swelling). These tested soil parameters and their changes have outstanding importance in the water-budget of soils. Bulk density of meadow soils showed significant changes after the removal of the liquid phase, while in case of hygroscopicity beside this the surfactant treatment had significant effect as well. In case of meadow Solonetz all treatment types had equal high importance for the bulk density, while the hygroscopicity at this soil type was significantly affected by pre-swelling and removal of the liquid phase, however, no relationship was found with surfactant treatment. The texture of the treated soil samples resulted mainly loam type due to their hygroscopicity.

### Bevezetés

A talaj sokoldalú funkcióinak zavartalanságában, termékenységében és környezeti érzékenységében egyaránt kiemelt szerepe van a talaj vízgazdálkodásának, amely különösen megfigyelhető a nagy duzzadó agyagásvány-tartalmú talajokon. E tekintetben

az erős  $\text{Na}^+$ -telítettségű szikes talajok is kiemelt jelentőségűek. A fizikai talajféleség alapvetően meghatározza a legtöbb talaj olyan tulajdonságát, amely a termékenységet szabályozza. Ide tartoznak a fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságok is (VÁRALLYAY 1987).

A talajok agyagtartalmára jellemző, minél nagyobb a talaj agyagtartalma, annál több nedvességet tud visszatartani. (VÁRALLYAY, 2002). A talaj higroszkóposági értéke és agyagtartalma közötti tapasztalati összefüggést KOTZMANN írta le először, azt követően MADOS, illetve KREYBIG (TÓTH, 2010). Az agyagfrakciókban, a szorpcióval visszatartott víz mennyiségét a talajrészecskék fajlagos felülete alapvetően meghatározza, ami főként az agyagásvány-tartalommal jellemezhető.

A szorpcióerők hatása a szilárd fázis felületétől mért távolsággal jelentősen csökken, ezért az elemi szemcsék fajlagos felülete és a talaj szívóerejének mértéke között szoros összefüggés van (VÁRALLYAY et al., 1979). A talajrészecskék és a pórusok méretének csökkenésével növekszik az adhézió (vonzás) a talajrészecskék és a talajoldat között (MCCARTY et al., 2016).

A talajokat különböző méretű szemcsék alkotják, így a szilárd szemcséket a különböző anyagok mikro-és makro-aggregátumokká ragasztják össze (FÜLEKY, 2008). Az ilyen aggregátumok és a nagyobb szerkezeti elemek illeszkedésének szorosságát a térfogattömeg jellemzi (RAJKAI et al., 1981, VÁRALLYAY, 2002). E talajparamétert meghatározza a talaj levegő, víz és szilárd fázisainak aránya, valamint külön-külön az egyes a frakciók térfogattömege is. Értékét a szárított talaj tömege és térfogata hányadosaként szokás megadni (MCKENZIE et al., 2002).

A kationos felületaktív anyagokra (kationos tenzidek) jellemző, hogy a talajokon történő felhalmozódásuk során hidrofóbbá teszik a talajszemcsék felületét, ami jelentősen kihat a talajok termőképességére és a környezet fenntarthatóságára (GARLAND et al., 2000). A szerves kation ioncserére képes, ezáltal elősegíti a nehézfémek terjedését, amely révén felborul a talaj elektrolit egyensúlya. Mivel a  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  ionokat is lecseréli, hozzájárul a talaj szerkezeti tulajdonságainak romlásához (DTIRBECK et al., 1994). Az ilyen tenzidekkel hidrofóbizált agyagásványokra jellemző, hogy szerves közegben jól nedvesednek, duzzadnak, dezaggregálódnak és jó szerkezetképző tulajdonságokkal rendelkeznek. Mindezeket elsősorban az adszorbeált szerves ion minősége és mennyisége befolyásolja (DÉKÁNY et al., 1986; LAGALY & MALBERG 1990; STOCKMEYER, 1991). Az ionos tenzidek adszorpciója módosítja a rétegszilikát szerkezetét, amit jól követhetünk a fajlagos adszorbeált mennyiség meghatározásával és a bázislaptávolság mérésével (PACZKÓ & DÉKÁNY, 1996).

A kezelések hatására több talajfizikai tulajdonság megváltozhat, mint pl. a mechanikai összetétel, melyet a különböző nagyságú részecskék egymáshoz viszonyított aránya tesz ki. Ez az arány nagyban meghatározza a talaj víz- és tápanyag-gazdálkodását, valamint egyéb fizikai és kémiai tulajdonságát (FÜLEKY, 2008).

Kutatásaink célja volt annak tanulmányozása, hogy a különböző kezelések hatása milyen mértékben változtatja meg a nagy agyagásvány-tartalmú, eltérő sótartalmú talajmintáink higroszkóposságát és térfogattömegét, hiszen ezek a tulajdonságok meghatározó szerepet töltenek be a talajok vízgazdálkodásában.

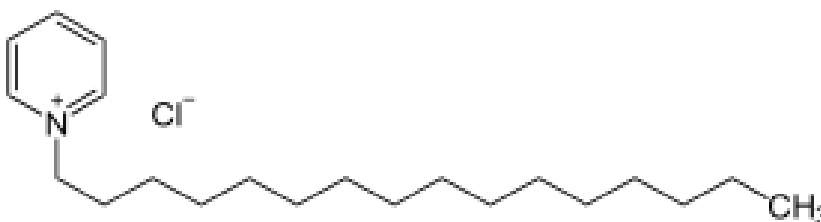
Ennek érdekében a mintákon kationos tenzidet adszorbeáltattunk, majd vizsgáltuk a talaj higroszkóposságát. A higroszkópos nedvességtartalom, vagyis a szorpcióval kötött víz

## Kationos tenzid hatása nagy agyagtartalmú talajok térfogattömegére és higroszkóposágára

menyisége függ a talajrészecskék fajlagos felületétől. A fajlagos felület főként az agyagtartalommal jellemezhető (RAJKAI et al., 1981; VÁRALLYAY, 2002). hiszen a duzzadó agyagásvány-tartalom alapvetően fontos szerepet képvisel a rétegrácsok között visszatartott víz mennyiségében (BRUAND, 1990). A kezelések hatására az aggregátumokban bekövetkező változásokat a talajminták térfogattömegének meghatározásával kívántuk követni.

### Anyag és módszer

A kutatásunkhoz eltérő sótartalmú nehéz agyag fizikai féleségű talajokat, - nem karbonátos réti talajt (A szint) (I.) (Kisújszállás) és közepes réti szolonyec talajt (B szint) (II.) (Karcag)- használtunk fel. A tenzidadszorpciót alapvetően befolyásolja a minta agyagásvány-tartalma és annak minősége, a humusz- és sótartalom, valamint a pH. Az I. talajminta jellemzői: 0,040% sótartalom, 7,01 pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>, 2,76% humusztartalom; a II. talajminta jellemzői: 0,325% sótartalom, 6,25 pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>, valamint 2,06% humusztartalom. A talajminták hidrofóbizálásához cetil-piridínium-klorid (CPC) kationos tenzidet (1. ábra) alkalmaztunk, elsősorban azért, mivel a talajok negatív felülettel rendelkeznek. A vegyület molekulatömege 358,01 g/mol, megjelenése finom por, amely erősen toxikus.



1. ábra Cetil-piridínium-klorid (CPC) szerkezeti képlete

A talajok mintavételezése szabványosan történt (BUZÁS, 1993). A minta előkészítése során a légszáraz mintákat őröltük, majd 2 mm szemcseátmérőnél kisebb méretűre szitáltuk (NAGY & DEÁK, 2013).

Az I. és II. mintát tenzid nélkül (1-3. kezelés), illetve három különböző tenzides kezelésben (4-6. kezelés) vizsgáltuk. A tenzidadszorpció hatékonyságának növeléséhez az egyes mintákat szuszpenzióban előduzzasztottuk (4. és 5. kezelés) (TÓTH, 2012). A tenzides kezelés hatását vizsgáltuk előduzzasztott kontroll mintákon úgy, hogy a folyadékfázist nem távolítottuk el (2. és 5. kezelés), illetve úgy is, hogy a folyadékfázist eltávolítottuk a szuszpenzió centrifugálását követően. A centrifugálást 10 percig, 5000/min fordulatszámom Sigma 6K10 centrifugával végeztük (3. és 4. kezelés). A 6. mintatípus esetében nem alkalmaztunk előduzzasztást, valamint oldattávolítást sem (1. táblázat).

A talajminták kezelésekor figyelembe vettük a tenzidek lebontását befolyásoló körülményeket is. A kezelt mintákat lefedve, fénytől elzárt helyen, 24 °C-on 48 óráig, kontrollált körülmények között tartottuk. A kezelési időt követően 72 órán keresztül 50 °C-on szárítottuk a talajmintákat szárítószekrényben (ERLEI, 1997). A kontroll és a tenziddel kezelt mintákat ezt követően dörzsmozsárban porítottuk, majd 2 mm-es szitán átszitáltuk (NAGY et al., 2015). Minden kezelést három ismétlésben végeztünk.

1. táblázat Alkalmazott kezelések jelkulcsai

Kezelés sorszáma	I. Kisújsz. A szint	II. Karcag B szint	Kezelés jelkulcs	Kezelés
1.	I/1.	II/1.	E	eredeti (nem kezelt)
2.	I/2.	II/2.	DK	előduzzasztott kontrol
3.	I/3.	II/3.	DKFE	előduzzasztott, folyadékfázis eltávolítás
4.	I/4.	II/4.	DTFE	előduzzasztott, tenziddel kezelt, folyadékfázis eltávolítás
5.	I/5.	II/5.	DTNFE	előduzzasztott, tenziddel kezelt, nincs folyadékfázis eltávolítás
6.	I/6.	II/6.	TNFE	előduzzasztás nélkül, tenziddel kezelt,

A CPC koncentrációját a talajmintákra meghatározott fajlagosan adszorbeált tenzid mennyiségek ( $q$  (mol CPC)/g adszorbens) értékük alapján választottuk meg (FÖLDÉNYI et al., 2013) 100 g adszorbensre/talajmintára vonatkoztatva. A talajminták előduzzasztását illetve tenzides kezelését a minták szántóföldi vízkapacitásának (pF 2,5) hússzorosának megfelelő oldattérfogattal végeztük el. A sztatikus egyensúlyi kísérletek (adszorpció) elvégzését követően a tenzidoldatok egensúlyi koncentrációját az abszorbanciájuk alapján Genesys 10S UV-VIS spektrofotométerrel határoztuk meg  $\lambda=259$  nm hullámhosszon. A fajlagosan adszorbeált mennyiséget ( $q$ ), ez alapján számítással határoztuk meg.

A higroszkóposság vizsgálatot a Sík-féle ( $hyI$ ) módszer szerint  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ -t tartalmazó vákuumexszikkátorban kiviteleztük  $20^\circ\text{C}$ -on, 32,3%-os relatív páratartalmú térben, s így az egyensúlyi vízgőz adszorpció értékét mértük (BUZÁS, 1993).

A talaj térfogattömegét kezelt, aprított mintákon az egységnyi térfogatú talaj térfogatának és tömegének a hányadosaként adtuk meg (BUZÁS, 1993).

A minták fajlagos felületének meghatározását a nitrogén gáz talajszemcséken bekövetkező adszorpciója segítségével lehet elvégezni, amelyhez Brunauer, Emmett és Teller adszorpcióis izotermaegyenletét (BET-egyenlet) használjuk. A mérést a Pannon Egyetem Mérnöki Karának Környezetmérnöki Intézetében ASAP 2000 nitrogénadszorpcióis poroziméterrel (Micromeritics Inst. Corp., Norcross, USA) végezték.

A talajminták mechanikai összetételét a hazai (MSZ-08. 0205-78 MÉM) szabványban rögzített pipettás eljárással határoztuk meg. (BUZÁS, 1993).

Az eredmények megbízhatóságának jellemzésére egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk. Amelyet IBM SPSS Statistics 20. programmal (Uni-ANOVA-) számítottunk.

## Kationos tenzid hatása nagy agyagtartalmú talajok térfogattömegére és higroszkóposágára

### Eredmények és értékelésük

A kezelési típusok (előduzzasztás, tenzides kezelés, folyadékfázis eltávolítás) hatását két talajtípuson (I. és II.) elemeztük aszerint, hogy milyen szignifikáns összefüggést mutatnak a (I.) nem karbonátos réti talaj és a (II.) közepes réti szolonyec talaj higroszkóposágában és térfogattömegében (2. táblázat).

A CPC adszorpcióját követően az (I/4.) mintán a fajlagosan adszorbeált mennyiség  $q=4,22 \cdot 10^{-4}$  mol/g, míg a (II/4.) mintán  $q=4,75 \cdot 10^{-4}$  mol/g.

**2. táblázat Talajminták fizikai paraméterei kezelésként**  
(I. nem karbonátos réti talaj, II. közepes réti szolonyec talaj)

Kezelési típus kód	Mintaszám	$m_v$ (g/cm <sup>3</sup> )	$h_{y1}$ %	fajlagos felület (m <sup>2</sup> /g)	agyag %	por %	homok %
E	I/1.	1,39	4,3	48,3	51,09	45,90	0,88
DK	I/2.	1,34	3,5	-	-	-	-
DKFE	I/3.	1,33	3,7	-	-	-	-
DTFE	I/4.	1,31	3,3	44,5	49,00	43,80	7,19
DTNFE	I/5.	1,31	3,7	-	-	-	-
TNFE	I/6.	1,34	3,6	-	-	-	-
E	II/1.	1,41	4,0	36,7	53,88	41,19	1,05
DK	II/2.	1,33	4,2	-	-	-	-
DKFE	II/3.	1,30	3,4	-	-	-	-
DTFE	II/4.	1,33	2,9	30,8	51,57	43,21	5,22
DTNFE	II/5.	1,40	3,4	-	-	-	-
TNFE	II/6.	1,37	3,3	-	-	-	-

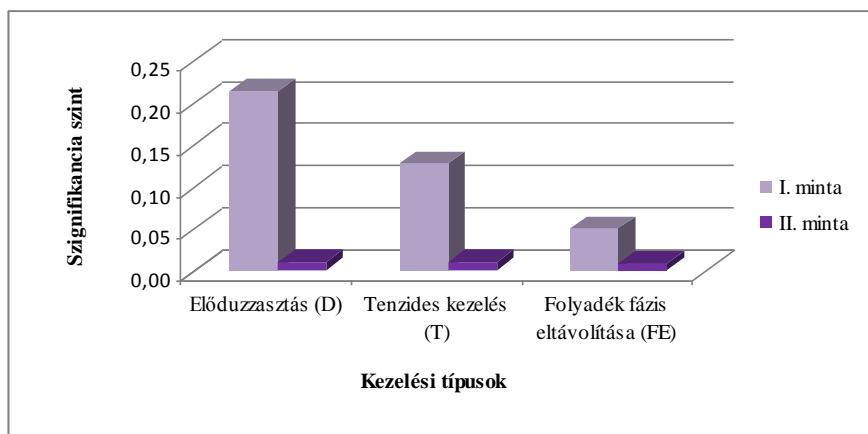
A tenzides kezelés hatására az agyagfrakció aránya az (I/4. és II/4.) talajmintánál 2%-al csökkent. Ezzel ellentétes irányban változott a homokfrakció aránya, ami a nem karbonátos réti (I/4.) talajmintánál 7%, míg a közepes réti szolonyec (II/4.) talajmintánál 5% növekedést jelentett (2. táblázat). Jól látszik, hogy az (I/1.) és (II/1.) minták kezelése következtében a nagyobb arányú homokfrakció jelenléte miatt csökkent a fajlagos felület, ami az (I/4.) talajmintánál 7,87%-ot, míg a (II/4.) minta esetében 16,08%-ot jelent. A porfrakció arányában eltérő irányú változást tapasztaltunk a tenzid adszorpcióját követően, mivel az (I/4.) talajmintánál 2%-al csökkent, míg a (II/4.) talajmintánál 2%-al nőtt a frakció aránya.

Az (I/4. és II/4.) minták mechanikai összetételében és fajlagos felületében látható különbségek a mikro- és a makro aggregátumok átrendeződésére engednek következtetni (2. táblázat). A kezelt minták mechanikai összetételénél (I/4. és II/4.) a homokfrakciók arányának növekedése az aggregátumok méretének növekedését mutatja, melyet az (I. és II.) talajminta agyagtartalmának csökkenésével magyarázhatunk. Az (I/4.) minta porfrakciójánál dezaggregációra következtethetünk a 2%-os csökkenés miatt.

### Kezelések hatása a térfogattömegre

Az (I/2-I/6. és II/2-II/6.) talajmintáknak a kezelések hatására csökkent a térfogattömege (2. táblázat). Az (I/4. és II/4.) mintáknál mindegyik kezelési típust alkalmaztuk, s a kontrollhoz (I/1 illetve II/1.) képest ezeknél kaptuk a legnagyobb arányú változást, amely (I/4.) esetében 23,26%, (II/4.) esetében 27,5%. A (II/5.) mintánál figyelhető meg a legkisebb különbség az eredeti (kezeletlen) mintához képest, ami azzal is magyarázható, hogy az előduzzasztás - tenzides kezelést követően nem alkalmaztunk folyadékfázis eltávolítást. A vizes oldat hatására a talajminták  $\text{Na}^+$ -tartalmának egy része ugyan kioldódhatott, de nem távozott el, hanem a mintában maradt, ezért jelentéktelen változást okozott az aggregátumokban. A térfogattömeg csökkenését az agyag, por és homok szemcsefrakciók átrendeződésével, ennek következtében arányuk megváltozásával magyarázhatjuk.

A szemcsefrakció változásának mértéke a talajok fizikai és kémiai tulajdonságától függ. A mechanikai összetételt alapvetően a szemcsefrakciók fajlagos felülete jellemzi (TÓTH 2012), amely meghatározza a talaj vízmegkötő képességét (TÓTH 2010). Az aggregátumok méretének növekedésében a nagy fajlagos felület miatt az agyagfrakciók szorpciós erőinek hatása a döntő, (RAJKAI et al., 1981; VÁRALLAY, 2002), aminek pozitív hatása van a talaj víztartó- és termőképességére.



**2. ábra Kezelések hatása a térfogattömegre szignifikancia szint értékek alapján**

A nem karbonátos réti talaj (I/2.-I/6.) térfogattömegét vizsgálva a kezelések közül (1. táblázat) a folyadékfázis eltávolítása mutat, míg az előduzzasztás és a tenzides kezelés nem mutat szignifikáns hatást (2. ábra). A közepes réti szolonyec talajnál (II/2.-II/6.) minden kezelés (1. táblázat) szignifikánsan befolyásolja a talajminták térfogattömegét (2. ábra).

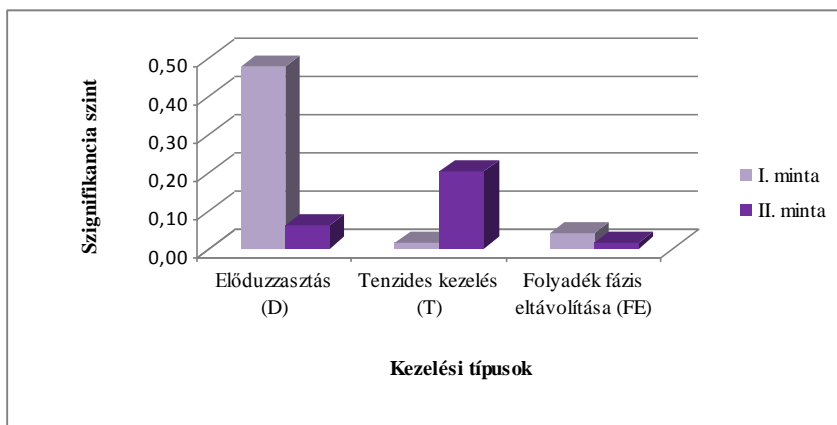
### Kezelések hatása a higroszkóposságra

A talajminták higroszkóposságának csökkenésében elsősorban a folyadékfázis eltávolításának hatása érvényesül (1. és 2. táblázat).

A (II/2.) talajminta esetében, melynél csak előduzzasztást alkalmaztunk, 4,76%-al növekedett a higroszkóposság.

## Kationos tenzid hatása nagy agyagtartalmú talajok térfogattömegére és higroszkóposágára

Az (I/3. és II/3.) talajmintáknál, – melyeknél az előduzzasztást követően csak a folyadékfázist távolítottuk el –, a higroszkóposág érték (I/3. 13,95%-al, II/3. 15,00%-al) csökkent az eredeti (nem kezelt) mintákhoz képest. Az (I/4. 23,25%, II/4. 27,50%) talajmintáknál, melyeknél az összes kezelési típust alkalmaztuk, közel kétszeresével csökkent a *hyI* érték (2. táblázat). A kezelés hatására a homokfrakció arányának, – azaz az aggregátumok méretének – a növekedése következtében kevesebb vízgőz adszorbeálódik a kisebb fajlagos felület miatt (I/4. és II/4.), (2. táblázat). Az (I/2.-I/6.) és a (II/3.-II/6.) minták *hyI* értéke kisebb, mint az eredeti mintáké (I/1. és II/1.). Mindez alapvetően a kezelési módszernek köszönhető, amelynek hatására a talajminták fizikai félesége megváltozott (BUZÁS, 1993): jellemzően agyagos vályogból a fizikai féleség vályoggá alakult (2. táblázat).



### 3. ábra Kezelések hatása a higroszkóposágára szignifikancia szint értékek alapján

A nem karbonátos réti talaj (I/2.-I/6.) higroszkóposág értékei alapján elmondható, hogy a folyadékfázis eltávolítása és a tenzides kezelés is szignifikánsan hat, míg az előduzzasztás nincs hatással a *hyI* értékre (3. ábra).

A közepes réti szolonyec talajnál (II/2.-II/6.) a tenzidadszorpció kivételével minden kezelés (1. táblázat) szignifikánsan befolyásolja a higroszkóposágát (3. ábra). E talajmintánál kiemelt jelentősége van a kicserélhető  $\text{Na}^+$ -ionok és nátrium sók különböző hatásának, amely a *hyI* érték változásában is megnyilvánul. A (II/3. és II/4.) talajminták higroszkóposágában tapasztalható jelentősebb csökkenés (2. táblázat) a  $\text{Na}^+$ -sók különböző hatásával, valamint a folyadékfázis eltávolításával magyarázható.

### Következtetések

Eredményeink alapján elmondható, hogy az alkalmazott kezelési típusokat összehasonlítva mindkét talajtípusnál elsősorban a folyadékfázis eltávolítása és a tenzides kezelés hatása érvényesült. Hogyha a talajminták térfogattömegében és higroszkóposágában bekövetkező változást tekintjük, akkor az előduzzasztás csak a szikes minta esetében mutat szignifikáns összefüggést. A tenzides kezelés mindkét talajtípus esetében elsősorban a homokfrakció arányának növekedését, illetve az agyagfrakció csökkenését, átrendeződését eredményezte. A nagyobb szemcseméretű frakciók arányának megnövekedése a minták fajlagos felületének csökkenéséhez vezetett.

Az alkalmazott kezelési típusok hatásának eredményeit összegezve megállapítható, hogy a nehéz agyag fizikai féleségű talajminták döntően vályog fizikai féleségű talajokra jellemző tulajdonságokat vettek fel a higroszkóposág értékeik alapján. A kationos tenzid hatására erős aggregálódás figyelhető meg, a víz adszorpciója pedig gátolt. Mindez jelentősen befolyásolhatja az e talajtípusokra jellemző vízgazdálkodási tulajdonságokat.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatási feladatok teljesülése a TÁMOP-4.2.2. B-15/1/KONV-2015-0004 projekt predoktori ösztöndíj keretében valósult meg. A talajminták fajlagos felületének meghatározását Dr. Juzsakova Tatjana végezte a Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézetében.

### Irodalomjegyzék

- BRUNAUER, S., EMMETT, P.H. & TELLER, E. (1938): Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.* (60) p. 309-319.
- BRUAND, A. (1990): Improved prediction of water-retention properties of clayey soils by pedological stratification. *Journal of Soil Science.* (41) p. 491-497.
- BUZÁS I. (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszertan 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BUZÁS I. (1993): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszertan 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata. INDA 4231 Kiadó. Budapest.
- DTIRBECK, H. W., KLUMPP, E., SCHLADOT, J. D. & SCHWUGER, M. J. (1994): Environmental specimen bank of the Federal Republic of Germany – Significance of surfactants. *Progr Colloid & Polym Sci.* (95) p. 48-60.
- ERLEI K. (1997): Nemionos tenzid adszorpciója talajon és az áteresztőképesség vizsgálata. Szakdolgozat. Szeged.
- FÖLDÉNYI R., TÓTH Z., CSATÁRI T. & MAKÓ A. (2013): Egy kationos tenzid (CPC) adszorpciója talajokon és talajalkotókon. *Talajvédelem, Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában. Különszám.* p. 181-190.
- FÜLEKY Gy. (Szerk.) (2008): Talajvédelem, talajtan (Bíró B., Bidló A., Farsang A., K. Horváth E., Micheli E., Pápay L., Tombác E.). HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0. Pannon Egyetem.
- GARLAND, J. L., L. H. LEVINE, N. C. YORIO, J. L. ADAMS, & K. L. COOK. (2000): Graywater processing in recirculating hydroponic systems: Phytotoxicity, surfactant degradation, and bacterial dynamics. *Water Resource.* 34. (12): 3075-3086.
- MCCARTY, L.B., HUBBARD, L. R., QUISENBERRY, V. (2016): Applied soil physical properties, drainage, and Irrigation Strategies. Springer.
- MCKENZIE, N., COUGHLAN, K. & CRESSWELL, H. (2002): Soil physical measurement and interpretation of land evaluation. Csiro publishing.



## **Kationos tenzid hatása nagy agyagtartalmú talajok térfogattömegére és higroszkóposágára**

---

NAGY E. & DEÁK J. Á. (2013): Investigation of water capillary rise in soil columns made from clay mineral mixtures pretreated with cationic surfactants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. (44) p. 1-9.

NAGY E., FÖLDÉNYI R., SISÁK I. & DEÁK J. Á., (2015): Capillary water rise in soil samples and clay mineral mixtures treated with cetyl-pyridinium-chloride. *Crop production*. (64) p. 139-142.

RAJKAI K., VÁRALLYAY Gy., PACSEPSZKIJ, J. A. & SCSEBBAKOV, R., (1981): pF-görbék számítása a talaj mechanikai összetétele és térfogattömege alapján. *Agrokémia és Talajtan*. (30) p. 409-438.

SCOTT, M. J. & JONES, M. N. (2000): *The biodegradation of surfactants in the environment. Detergents and bimembrane studies*, Elsevier (1508) p. 235–251.

TÓTH B. (2010): Talajok víztartó képességét becsülő módszerek. *Agrokémia és Talajtan*. (59) p. 379-398.

TÓTH Z. (2012): Egy kationos tenzid (CPC) adszorpciójának tanulmányozása természetes adszorbenseken. Diplomadolgozat. Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Környezetmérnöki Intézet. Veszprém.

VÁRALLYAY Gy., RAJKAI K., PACSEPSZKIJ, J.A. & MIRONENKO, E. V. (1979): A pF-görbék matematikai leírása. *Agrokémiai és Talajtan*. (28) p. 15-38.

VÁRALLYAY Gy. (1987): A talaj vízgazdálkodása. MTA Doktori Értekezés. Budapest.

VÁRALLYAY Gy. (2002): A talajok környezeti érzékenységének értékelése. *Agrártudományi Közlemények*, Debreceni Egyetem. (9) p. 62–74.

VÁRALLYAY Gy. (2002): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Budapest.



### A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvív-aszály) talajtani okai és következményei

Várallyay György

MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet,

1022 Budapest, Herman Ottó út 15. E-mail: [g.varallyay@rissac.hu](mailto:g.varallyay@rissac.hu)

#### Összefoglalás

A hidro(geo)lógiailag gyakorlatilag zárt **Kárpát-medence** (s annak legmélyebb fekvésű részét képező **Magyarország**) **legnagyobb potenciális természetes víz-tározója a talaj**. Az előrejelzések szerint az időjárási és vízháztartási szélsőségek valószínűsége, gyakorisága, tartama, mértéke és kedvezőtlen/káros gazdasági, környezeti, ökológiai és társadalmi következményei egyaránt növekedni fognak. Mégpedig gyakran ugyanazon a területen, ugyanabban az esztendőben. Ezért megkülönböztetett jelentősége van a *potenciális* víz-raktározó kapacitás minél teljesebb és hatékonyabb kihasználásának. A víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos (növények számára felvehető formában történő) tározásának elősegítése *egyidejűleg* csökkenti a **szélsőséges vízháztartási esetek (árvíz, belvív, túlnedvesedés, illetve szárazság, aszály)** kockázatát, mérsékli ezek káros következményeit. Mindent el kell követni tehát ezek érdekében. A talaj vízháztartás szabályozása egyaránt nélkülözhetetlen eleme az ésszerű és fenntartható talajhasználatnak, növénytermesztésnek, mezőgazdasági vízgazdálkodásnak és a hatékony talaj-, víz- és környezetvédelemnek.

#### Summary

**The water resources** in the fertile Pannonian Plains **are rather limited** and shows high and increasing irregular spatial and time variability. Under such conditions it is a very important fact that **soil is the largest potential natural water reservoir**. In ideal cases almost two-thirds of the average 500-600 mm/year natural precipitation can be stored in the pores of the 0–100 cm soil horizon. It is rather contrary that in extensive areas the characteristic feature is the increasing risk, probability, frequency, duration of **extreme hydrological situations (flood, waterlogging, over-moistening – over-drying, drought)** and their harmful consequences. Many times in the same year, on the same territories. The reason of this contradiction is that the potential water storage capacity of soil is not (efficiently) used because of the following limiting factors: water cannot filtrate into the soil (because of various natural and human-induced reasons); the infiltrated water is not stored within the soil profile because of poor water retention, or filtration and evaporation losses from the large and deep cracks of the heavy-textured shrinking-swelling soils. **The control of the field water cycle** and soil moisture regime are necessary elements of sustainable land use, soil and water management and environment protection. For **sustainable land management** all efforts must be taken for the prevention, elimination, or at least moderation of the mentioned limitations. For these activities the category system and the map of the hydrophysical properties gives an exact and quantitative scientific basis.

## Bevezetés

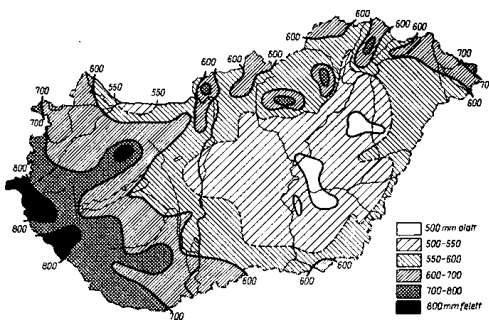
A víz-körforgalom, s annak egyes elemei – minden szinten – igen nagy tér- és időbeni variabilitást mutatnak, szélsőségesre hajlamosak, szeszélyesek, kiszámíthatatlanok. Egyre gyakrabban fordulnak elő katasztrofális árvizek, belvizek, illetve aszályok, nem ritkán ugyanabban az évben, ugyanazon a területen. Sajnos, fokozottan érvényes mindez a Kárpát-medencére, s annak legmélyebb fekvésű területét képező Magyarországra is (SOMLYÓDY, 2002; PÁLFAI, 2005).

A **talaj**, mint a szűkös és bizonytalan tér és időbeni eloszlásban, különböző formában és forrásokból érkező víz tározására *potenciálisan* alkalmas porózus közeg, képes mindkét irányú vízháztartási szélsőség (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály) bizonyos mértékű tompítására. A potenciális tározótér – különböző okok miatti – kihasználatlansága viszont a szélsőségek további súlyosbodását eredményezheti. A **talaj vízháztartásának szabályozása** ezért racionális talajhasználat és a területi vízgazdálkodás egyik kulcskérdése, alapvető feladata (BIRKÁS & GYURICZA 2004; VÁRALLYAY, 2003, 2008, 2013).

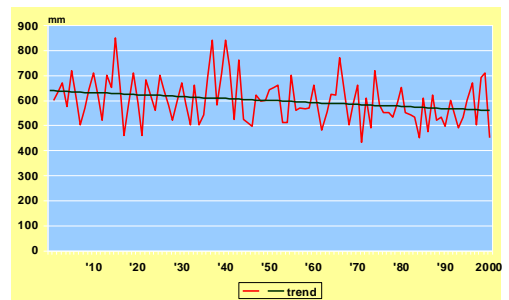
### Bizonytalan források, korlátozott vízkészletek, nagy tér- és időbeni variabilitás

A Kárpát-medencében, s benne Magyarországon a **lehulló csapadék** a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb) mint jelenleg (LÁNG et al., 2007), s nem fog csökkenni, sőt fokozódik annak tér- és időbeni szeszélyes variabilitása is. A sokéves átlag már területileg (1A. ábra) és az éves csapadékmennyiségben is jelentős ingadozást mutat (1B. ábra). De az éves csapadékmennyiség (és annak formája) hasonlóan nagy havi (1C. ábra), a hónapon belül napi (1D. ábra), sőt a napon belül órai ingadozást mutat, s egyre növekvő gyakorisággal fordulnak elő heves, különböző halmazállapotú nagyintenzitású záporok, zivatarok, felhőszakadások, roppant szeszélyes területi eloszlásban.

Márpedig távolról sem mindegy, hogy az „átlagos csapadék” permetező eső, nagyintenzitású zápor, téli hó vagy éppen nyári jégeső formájában érkezik-e. A lehulló csapadéknak gyakran csak szerény hányada jut el a növényig, s adódik így zavar a növények vízellátásában, van (vagy lenne) szükség a hiányzó víz pótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására (PÁLFAI, 2005).



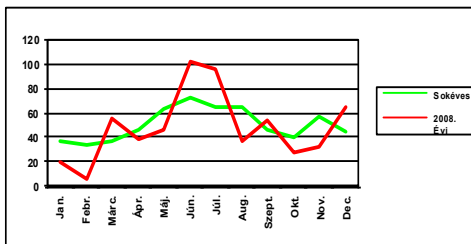
A



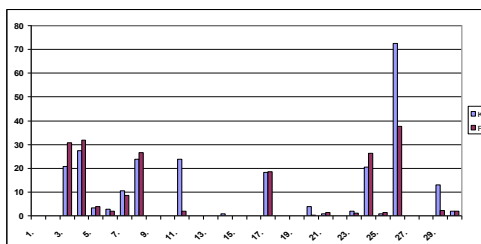
B

## A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvív-aszály) talajtani okai és következményei

C



D



1. ábra. Magyarország csapadékviszonyainak nagy tér- és időbeni variabilitása. A. Sokéves átlag területi variabilitása. B. Éves átlagok ingadozása az utóbbi száz évben. C. Havi átlagok sokéves és 2008. évi ingadozása. D. Napi csapadékmennyiségek megoszlása 2008 évben két egymáshoz közeli mérőállomáson

A klímaváltozási prognózisok egybehangzó megállapítása szerint a szélsőséges időjárási helyzetek bekövetkezésének valószínűsége, gyakorisága, tartama és súlyossága egyaránt növekedni fog, s fokozódnak kedvezőtlen, káros, bizonyos esetekben katasztrofális gazdasági, környezeti, ökológiai, sőt szociális következményei is (LÁNG et al., 2007). Az utóbbi évek szemléletesen, bár nagyon fájdalmasan igazolták e prognózist: pl. az extrém csapadékos 2010., a kétarcú 2011., az aszályos 2012., valamint a belvizes, majd Duna-árvizes 2013. és a csapadékos, záporos/zivataros 2014. évek példáján.

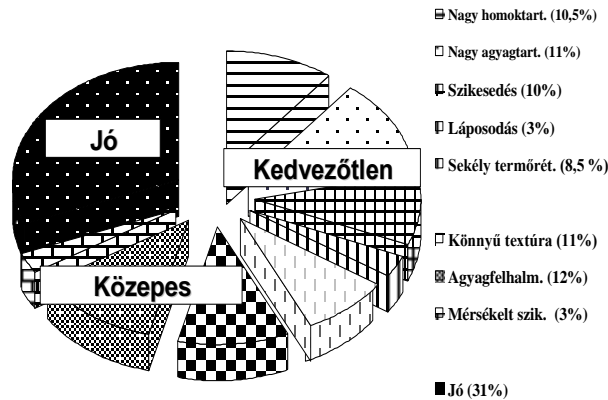
A 85–90%-ban szomszédos országokból érkező **felszíni vizeink** mennyiségének növekedésére sem lehet számítani, különösen nem a kritikus „kisvízi” időszakokban. Felhasználhatóságuk mértékét nemzetközi egyezmények szabályozzák, az országból kilépő vízfolyások garantálandó vízminőségével együtt (SOMLYÓDY, 2002).

**Felszín alatti vízkészleteink** ugyancsak nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezeti következmények nélkül, mint erre az utóbbi években a már-már katasztrofális következményekkel járó és „sivatagosodási tüneteket” okozó Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedés hívta fel a figyelmet. A mélyen elhelyezkedő talajvízből a gyökérszóna kapilláris vízutánpótlása nem biztosított. A Pannon Alföldön s felszín alatti vizek jelentős hányada kedvezőtlen minőségű (nagy sótartalmú és kedvezőtlen –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  – összetételű), ami felhasználási lehetőségeiket gyakran korlátozza, sőt kizárja, felszín közelbe emelkedésük pedig a másodlagos szikesedés veszélyével fenyeget (VÁRALLYA, 2003, 2010).

### A talaj vízgazdálkodása

A hidro(geo)lógiailag gyakorlatilag zárt Kárpát-medence (s annak legmélyebb fekvésű részét képező Pannon Alföldek, illetve Magyarország) természetföldrajzi viszonyai között megkülönböztetett jelentősége van annak, hogy korlátozott és szeszélyesen rendelkezésre álló vízkészleteinkkel hogy „gazdálkodik” a **talaj**, mennyire képes a kétirányú vízháztartási szélsőségeket tompítani, azok káros hatásait mérsékelni vagy éppen felnagyítani (VÁRALLYAY, 2008).

Részletes felmérések alapján megállapítottuk, hogy Magyarország talajainak 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és 31%-a jó vízgazdálkodású (2. ábra) (VÁRALLYAY, 2010A, 2004).



**2. ábra. Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodású talajok megoszlása Magyarországon (az okok feltüntetésével)**

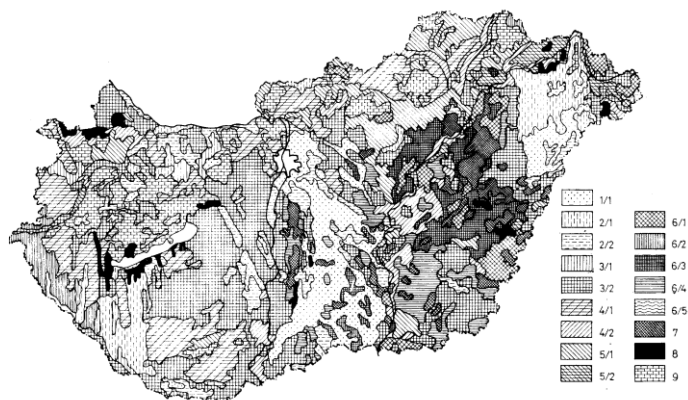
Az 2. ábra „kedvezőtlen”, „közepes”, „jó” elnevezései természetesen nem objektívek, hisz függenek a talajhasználat céljának szubjektivitásától; s számszerű határértékekkel sem (pontosan) definiáltak. Ezért a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak egzakt, számszerű, részletes és pontos jellemzésére egy korszerű felvételezési-vizsgálati–térképezési–monitoring rendszert dolgoztunk ki, s szerveztünk adatbázisba (VÁRALLYAY GY. et al., 1980; VÁRALLYAY, 2005). A kidolgozott kategória-rendszerben a talaj fizikai félesége, teljes és szabadföldi vízkapacitása, holtvíztartalma, hasznosítható vízkészlete, víznyelő-, vízáteresztő- és vízvezető képessége alapján 9 fő kategóriát különböztettünk meg:

1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok (Magyarország 10,5%-a).
2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok (11,1%).
3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok (24,9%)
4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok (19,1%).
5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok (6,2%).
6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok (14,9%).
7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, szélsőséges vízgazdálkodású talajok (3,6%).
8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó és víztartó képességű talajok (nagy szervesanyag-tartalmú lúp(os) talajok) (1,3%).
9. Sekély termőrétegtűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok (8,4%).

A 9 fő kategória paramétereinek határértékeit foglaltuk össze az 1. táblázatban.

A kilenc fő kategórián belül az alkategóriákat a talajszelvény-variánsok rétegeztségétől, ill. a talaj vízgazdálkodását meghatározó tényezőtől függően különböztettük meg:

## A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvív-aszály) talajtani okai és következményei



**3.ábra. Magyarország talajainak vízgazdálkodási tulajdonságai**

- a mélységgel egyre könnyebbé váló mechanikai összetétel (könnyebb mechanikai összetételű alapkőzeten kialakult talajok: 2/1, 3/1);
- az egész szelvényben viszonylag egyenletes mechanikai összetétel: 1/1, 2/2, 3/2, 4/2, 5/2;
- viszonylagos agyagfelhalmozódás a B-szintben: 4/1, 5/1;
- gyenge víznyelő és vízvezető képességű nehéz agyagtalajok (6/1); pszeudoglejes barna erdőtalajok (6/2); (sztyeppesedő) mély réti szolonyecsek és szolonyeces réti talajok (6/3); mélyben sós/szolonyeces talajok (6/4); lápos réti talajok (6/5).

Az 1. táblázatban összefoglalt paraméterek határértékeit természetesen az alkategóriák egyes talaj-rétegeire vonatkozóan is megadtuk.

**1.táblázat: A talaj vízgazdálkodási kategóriáinak jellemzői**

Kategória kódszáma	Fizikai talajféleség			VK <sub>sz</sub> mm/10	HV cm-es réteg	DV	IR mm/óra	K cm/nap
	jele	K <sub>A</sub>	hy <sub>1</sub>					
1.	h	< 25	< 1,0	< 15	< 5	5–10	> 500	> 1000
2.	hv	25–35	1,0–2,0	15–25	5–10	10–15	150–500	100–1000
3.	v	35–42	2,0–3,5	25–35	10–20	15–22	100–150	10–100
4.	av	42–50	3,5–5,0	35–42	20–27	12–17	70–100	1–10
5.	a	50	5,0	42–50	27–35	10–15	50–70	0,1–1,0
6*							10–50	0,01–0,1
7**							< 10	< 0,01
8***	tőzeg, kotu			> 50	> 35			
9.	Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodási talajok							

Fizikai féleség: h: homok; hv: vályogos homok; hv: homokos vályog; v: vályog; av: agyagos vályog; a: agyag; l: kotu, tőzeg. K<sub>A</sub>: Arany-féle kötöttségi szám; hy<sub>1</sub>: higroszkóposági értékszám; Vízgazdálkodási tulajdonságok: VK<sub>sz</sub>: szabadföldi kapacitás; HV: holtvíztartalom; DV: hasznosítható vízkészlet; IR: víznyelés sebessége; K: telített talaj hidraulikus vezetőképessége \*Enyhe szikesedés vagy pszeudoglej-képződés miatt kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok; \*\*Erős szikesedés miatt extrém szélsőséges vízgazdálkodású talajok; \*\*\*Láptalajok

A megkülönböztetett kategóriák és alkategóriák – eredetileg 1:100 000 méretarányú – térképének egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 3. ábrán (VÁRALLYAY et al., 1980; VÁRALLYAY, 2005). A térkép részletes területi adatai (elhatárolt foltonkénti, talajtípusonkénti, középtájankénti és megyei bontásban) az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet AGROTOPO adatbázisában kerültek tárolásra.

A térkép és az adatanyag alapján a megfelelő szelvényvariáns kiválasztásával és az a–b–c (a talajszelvényben nincs lényeges textúrdifferenciálódás) vagy A–B–C (a talajszelvényben jelentős textúrdifferenciálódás van) szintek tényleges vastagságuknak megfelelően való behelyettesítésével. Magyarország bármely talajtípusára, ill. bármely szelvényének bármely vastagságú rétegére megadható a talajban tározható víz mennyisége, sőt ennek „holtvíz”, ill. a növény számára hozzáférhető hányada is (VK<sub>sz</sub>, HV, DV). Ezek az adatok kvantitatív alapját jelenthetik egy-egy talajfeleség, egy-egy táj, körzet, üzem, esetleg egyéb természeti, adminisztratív vagy térképezési területi egység korszerű vízgazdálkodási jellemzésének; az optimálist minél inkább megközelítő mezőgazdasági vízgazdálkodás kialakításának, a szélsőséges vízháztartási helyzetek és káros következményeik kivédésének, megelőzésének, mérséklésének (VÁRALLYAY, 2003, 2008, 2013).

### A talaj, mint hatalmas víztározó – szélsőséges vízháztartási helyzetek

Adataink alapján tényszerűen bizonyítható, hogy **hazánk legnagyobb kapacitású (potenciális) természetes víztározója a talaj** (VÁRALLYAY, 2005, 2007, 2008, 2015). A talaj felső egy méteres rétege **potenciálisan** mintegy 45 km<sup>3</sup> víz befogadására és 25–35 km<sup>3</sup> víz raktározására képes. Ennek mintegy 55–60%-a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, 40–45%-a pedig „hasznosítható víz”.

Ez azt jelenti, hogy ideális esetben az átlagosan lehulló 550–600 mm-nyi (50–55 km<sup>3</sup>) évi csapadékmennyiség több mint fele, közel kétharmada *egyszerre* beleférne a talajba, ami kizárná a szélsőséges vízháztartási helyzetek előfordulását. Ez a kedvező adottság azonban sajnos csak ritkán érvényesül (teljes mértékben), s az országra - elsősorban a sokoldalú biomassza-termesztés szempontjából megkülönböztetett jelentőségű alföldekre - a szélsőséges, a **szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának** nagy, és a jövőben várhatóan egyre fokozódó valószínűsége, súlyossága (tartama, kiterjedése, mértéke) a jellemző. Ráadásul ezek a szélsőséges vízháztartási helyzetek gyakran fordulnak elő ugyanabban az évben, ugyanazon a területen. Jól mutatja ezt az ariditás (aszály-fenyegetettség) és belvív-veszélyeztetettség gyakori területi egybeesése (PÁLFAI, 2005; VÁRALLYAY, 2003, 2013, 2015). A szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának főbb okait és következményeit foglaltuk össze a 2. táblázatban.

**2. táblázat: Szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának okai és következményei**

A szélsőséges vízháztartási helyzetek	
Okai	Következményei
Légköri csapadék nagy és szeszélyes	Vízvesztés (párolgás, felszíni lefolyás,
Eső:hó arány, hóolvadás körülményei	Talajvesztés (szerves anyagok,
Domborzat (makro, mezo, mikro)	Biota- és biodiverzitás-vesztés
Talajviszonyok	Növényvesztés (pusztulás, károsodás)
Vegetáció	Termésvesztés (mennyiség, minőség)
Talajhasználat	Energiavesztés



## A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvív-aszály) talajtani okai és következményei

---

A talaj nagy potenciális vízraktározó kapacitása és a szélsőséges vízháztartási helyzetek nagy gyakorisága közti ellentmondás alapvető oka a víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos tározásának akadályozódása. Az akadályozó tényezők közül legjelentősebbek a következők ( VÁRALLYAY, 2005, 2007, 2015):

- (1) A talaj felszínére jutó **víz talajba szivárgásának akadályozódása** vagy lelassulása. Ezt okozhatja:
  - a talaj pórustérének kisebb-nagyobb mértékű, esetleg teljes vízzel telítettsége (csapadékvízzel, olvadékvízzel, felszíni odafolyással, vagy túllöntözéssel feltöltve): „*tele palack effektus*”;
  - a felszíni réteg fagyott volta (pl. egy fagyott talajfelszínre hulló hó gyors tavaszi olvadásából származó víz talajba szivárgásának akadályozódása): „*befagyott palack effektus*”;
  - a talaj felszínén, illetve felszín közeli rétegeiben kialakult tömődött, igen lassú víznyelésű, közel víz át nem eresztő réteg megjelenése: „*ledugaszolt palack effektus*”.

Ilyen réteg lehet a talaj felszínén természeti okok miatt kialakult, Na-sókkal, gipsszel vagy mésszel összecementált sós kéreg, vagy a nem megfelelő agrotechnika (elsősorban a helytelen talajművelés vagy öntözés, taposás) által létrehozott tömődött vagy tömör réteg; illetve a talajfelszín közelében megjelenő szilárd kőzet, a talajképződési folyamatok eredményeképpen kialakult akkumulációs szintek (vaskőfok, mészkőpad, agyagréteg, szolonyec B-szint stb.), vagy a helytelen talajművelés következtében „kialakított” eketalp (tárcsatalp) réteg.

- (2) A nehéz mechanikai összetételű, nagy agyag- és nagy duzzadó agyagtartalmú (esetleg nagy kicserélhető  $\text{Na}^+$ -tartalmú), erősen duzzadó-zsugorodó **talajok repedezése**. A száraz időszakot követően nyitott repedések nagyobb felületéről ugyanis nagyobbak a párolgási veszteségek, annak minden kedvezőtlen anyagforgalmi következményével együtt. A nyitott repedéseken keresztül a talaj felszínére jutó víz jelentős hányada „zúdul” szivárgási veszteséggént a talaj mélyebb rétegeibe, esetleg a felszín közeli talajvízbe. A fokozott talajvíz-táplálás a rossz természetes drénviszonyokkal (korlátozott horizontális talajvíz-áramlással) rendelkező pangóvízes területeken a talajvízszint megemelkedését eredményez(het)i, annak minden káros vízháztartási és anyagforgalmi következményével együtt (→ túlnedvesedés, másodlagos szikesedés stb.). Az átmedvesedést követően beduzzadt repedéseken keresztül viszont a víz talajba szivárgása ugyanúgy akadályozott, mint az (1) esetben.
- (3) A **talaj gyenge víztartó képessége**. Könnyű mechanikai összetételű, laza homoktalajokon ugyan be tud szivárogni a felszínre jutó víz a talajba, de a gravitációs pórustér képtelen a vizet a talajban megtartani, az erre képes kapilláris pórustér pedig kicsi. Így a víz csak „átszalad” a talajszelvényen, a talajban visszatartott hasznosítható vízkészlet kicsi, s ez teszi a talajt aszályérzékennyé: „*lyukas edény effektus*”.

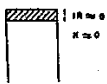
A gátló tényezőket és azok természeti és/vagy emberi tevékenység miatti okait foglaltuk össze vázlatosan a 4.ábrán.

A beszivárgás korlátai a Magyar Alföld hatalmas kiterjedésű, nehéz mechanikai összetételű, nagy agyag- és duzzadó agyagásvány-tartalmú, valamint szikes talajain gyakran bekövetkeznek. Ezek a talajok gyakran még rövidebb-hosszabb ideig tartó hóolvadás, sok vagy nagy intenzitású csapadék miatti felszíni vízborítás alatt sem áznak be mélyen és egyenletesen, s nem „használgák ki” felső egy méteres rétegük potenciális vízraktározó képességét. Ennek egyenes következménye azután, hogy – nagy területeken

– a belvizek természetes „eltűnése” (elfolyás, párolgás) vagy mesterséges – gyakran meggondolatlan, s csak a felszíni vízborítás gyors elvezetését szem előtt tartó – „eltűntetése” után a csapadékszegény (sőt esetleg gyakorlatilag csapadékmentes) nyári időszakban a talaj viszonylag vékony rétegében tározott csekély vízmennyiség csak rövid ideig képes a növényzet vízigényét kielégíteni, s a tavasszal belvizes vagy túlnedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek. Ez a „vízháztartási szélsőség” sajnos nem kivételes eset, hanem egyik jellemzője a Magyar Alföldnek (PÁLFAI, 2005; VÁRALLYAY, 2010). Szemléletes bizonyítéka ennek, hogy azonos időjárási szélsőségek a talajviszonyoktól függően nagymértékben különböző ökológiai stressz-helyzeteket és következményeket eredményez(het)nek (Láng et al., 2007; Várallyay, 2004, 2010). Így volt ez 2000-ben is: a szélsőséges vízgazdálkodású, belvizes, majd aszályos területeken súlyos, helyenként katasztrofális volt a termés kiesés, míg a jó és kiegyenlített vízgazdálkodású talajokon ez alig, vagy csak mérsékelten volt megfigyelhető.

### 1. Lassú (gátolt) talajba szivárgás

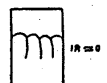
A) Vízátmeresztő réteg (kéreg) a talaj felszínén



a) sókkal összecementált kéreg  
(nátriumsók, gipsz, mész)

b) helytelen agrotechnikával  
össze tömörített réteg  
túlművelés, nehéz erőgépek  
helytelen öntözés

B) Sekély beázási réteg (kis vízraktározó  
képesség)



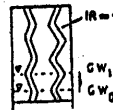
- a) szilárd kőzet
- b) tömör „padok” (vaskőfok), stein  
mész kőfok, összecementált kavics  
stb.)
- c) kicserélhető  $\text{Na}^+$ , agyag,  $\text{CaCO}_3$   
vagy más anyagok által  
összecementált réteg
- d) helytelen művelés következtében  
kialakuló réteg („eketalp-réteg”)



Szélsőséges vízgazdálkodás

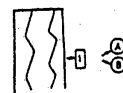
- túlnedvesedés, aerációs problémák
- Belvízvesztély
- felszíni lefolyás, vízerózió károk
- aszály- (szárazság) érzékenység

### 2. Repedezés (duzzadás–zsugorodás)



Száraz állapotban (zsugorodás,  
repedezés)

- szivárgási veszteségek
- emelkedő talajvízszint
- túlbő nedvességszervek
- (túl-telítődés, belvízvesztély)
- a talajvízből történő  
másodlagos sófelhalmozódás,  
szikkasztás
- (pangó, sós talajvíz esetén)
- párolgási veszteségek
- (mélyebb rétegek kiszáradása)



Nedves állapotban (duzzadás)

- a) nagy agyagtartalom
- b) táguló rétegrácsú (duzzadó)  
agyag-ásványok nagy mennyisége
- c) nagy  $\text{Na}^+$ -telítettség  
(kicserélhető  $\text{Na}^+$ -tartalom)

### 3. Gyenge víztartó képesség



- Homok mechanikai összetétel
- Kis szervesanyag-tartalom
- Kolloidszegénység

4.ábra: A talaj potenciális vízraktározó terének hasznos kihasználását akadályozó tényezők

## **A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvív-aszály) talajtani okai és következményei**

---

Könnyű mechanikai összetételű homoktalajainkon a talaj gyenge víztartó/vízraktározó képessége a légköri aszály (csapadékhiány) káros hatásait mérséklés helyett *súlyosbító* talajtényező.

### **Következtetések, teendők**

Magyarországra, elsősorban a mélyebb fekvésű és jelentős agroökológiai potenciált jelentő alföldekre a szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának egyre nagyobb valószínűsége, kockázata, gyakorisága, tartama és egyre súlyosabb biomassza-termesztési és környezeti következményei jellemzőek. Egyre jelentősebb az árvíz- és belvív-veszély, illetve aszályérzékenység gyakran ugyanazon évben, ugyanazokon a területeken (LÁNG, et al., 2007; PÁLFAI, 2005). Ennek egyik alapvető oka a talaj hatalmas potenciális vízraktározó terének különböző okok miatti kihasználatlansága (VÁRALLYAY, 2005, 2007, 2010, 2015). A potenciális tározótér jobb kihasználásával a szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának veszélye eredményesen és *egyidejűleg* lenne csökkenthető, sőt esetleg megszüntethető. Mindent el kell követni tehát a felsorolt gátló tényezők kialakulásának megelőzésére, kiküszöbölésére, megszüntetésére, de legalább bizonyos racionális határig történő csökkentésére, mérséklésére (BIRKÁS & GYURICZA 2004; VÁRALLYAY, 2008, 2010). Arra, hogy:

- a felszínre jutó víz minél nagyobb hányada jusson (szivárogn) a talajba: *megfelelő* talajállapot biztosítása; felszíni lefolyás és párolgás csökkentése;
- a talajba jutó víz minél nagyobb hányada *tárolódjon* a talajban (víztartó/vízraktározó képesség növelése, „szivárgási veszteségek” csökkentése);
- a talajban tárolt víz minél nagyobb hányada váljon a növények számára hasznosíthatóvá („holtvíztartalom” csökkentése).

E célkitűzések legfontosabb lehetőségeit foglaltuk össze – nagyon leegyszerűsítve – a 3. táblázatban, bemutatva, hogy a talaj *vízháztartási beavatkozások* túlnyomó része egyben hatékony *környezetvédelmi intézkedés* is (BIRKÁS & GYURICZA 2004; LÁNG, et al., 2007; NÉMETH, et al., 2005; VÁRALLYAY, 2010, 2015).

A felsorolt beavatkozások megvalósítása jelentős mértéken járulhat hozzá a szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának megelőzéséhez, kockázatának csökkentéséhez, mértékének és sokoldalú káros következményeinek mérsékléséhez. Ezért egy céltudatos, átgondolt, összehangolt, tudományosan megalapozott, korszerű **talaj-vízháztartás/nedvességforgalom szabályozás egyaránt nélkülözhetetlen eleme a fenntartható terület- és vidékfejlesztésnek, talajhasználatnak, vízgazdálkodásnak, környezet-védelemnek** (NÉMETH et al., 2005; VÁRALLYAY, 2013, 2015).

**3.táblázat: A talaj vízháztartás szabályozásának lehetőségei, módszerei és környezeti hatásai**

Lehetőségek		Módszerek	Környezeti hatások
Felszíni lefolyás	megakadályozása vagy mérséklése	talajvédő gazdálkodás: beszivárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró megtelepítése; talajművelés); beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés,	1,1a 5a, 8
Felszíni párolgás		beszivárgás gyorsítása (talajművelés mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása	2,4
Talajon keresztüli		talaj víztartó képességének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése	5b, 7
Talajvízszint emelkedés		szivárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás szivattyúzás, drénezés)	2,3 5b,5c
Talajba	elősegítése	felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)	1,4,5a, 7
Talajban történő hasznos tározás		talaj vízraktározó képességének növelése (beszivárgás elősegítése, talaj víztartó képességének növelése); megfelelő művelési ág és vetésszerkezet (növény megválasztás); talajjavítás; talajkondicionálás	4,5b,7
Hiányzó víz pótlása (öntözés)		Öntözés	4,7,9,10
Felesleges és káros vizek felszíni } felszín alatti }	elvezetése	felszíni } felszín alatti } vízrendezés (drénezés)	1,2,3,5c, 6,7, 11

<i>Kedvező környezeti hatások</i>	<i>Kedvezőtlen környezeti hatások</i>
<p>Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Víz okozta talajerózió; talajfolyás</li> <li>Másodlagos szikesedés</li> <li>Láposodás, vizenyősödés, belvízveszély</li> <li>Aszályérzékenység, repedezés</li> <li>Kijuttatott tápanyagok               <ul style="list-style-type: none"> <li>5a. bemedósása (→ felszíni vizek eutrofizáció)</li> <li>5b. kilúgzódása (→ felszín alatti vizek)</li> <li>5c. immobilizációja</li> </ul> </li> <li>Fitotoxikus anyagok képződése</li> <li>Biológiai degradáció</li> <li>Árvízveszély a vízgyűjtőterületen</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; Elvizenyősödés ( láposodás- mocsarasodás )</li> <li>Tápanyag-kilúgzódás</li> <li>Szárazság-érzékenység</li> </ol>

**Irodalom**

- BIRKÁS M. & GYURICZA CS. (szerk.) (2004): Talajhasználat–műveléshatás–talajnedvesség. Szent István Egyetem. Gödöllő.
- LÁNG I., CSETE L. & JOLÁNKAI M. (szerk.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- NÉMETH T., STEFANOVITS P. & VÁRALLYAY GY. (2005): Országos Talajvédelmi Stratégia tudományos háttere. – Tájékoztató: Talajvédelem. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest.
- PÁLFAI I. (2005): Belvizek és aszályok Magyarországon (Hidrológiai tanulmányok). Közlekedési Dokum. Kft. Budapest.
- SOMLYÓDY L. (2002): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.
- VÁRALLYAY GY. (2003): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály. Budapest–Gödöllő.
- VÁRALLYAY GY. (2004): A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. *AGRO-21 Füzetek* 37. p. 50–70.
- VÁRALLYAY GY. (2005): Magyarország talajainak vízraktározó képessége. *Agrokémia és Talajtan* 54 p. 5–24.
- VÁRALLYAY GY. (2007): A talaj, mint legnagyobb potenciális víztározó. *Hidrológiai Közöny* 87(5). p. 33–36.
- VÁRALLYAY GY. (2008): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. *KLÍMA-21 Füzetek* 52. p. 57–72.
- VÁRALLYAY GY. (2010): A talaj, mint váztározó; talajszárazodás. *KLÍMA-21 Füzetek* 59. p. 3–25.
- VÁRALLYAY GY. (2013): A talajok vízgazdálkodása. *Magyar Tudomány*. 174. (11) p.1285–1292.
- VÁRALLYAY GY. (2015): Szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvív-aszály) talajtani okai és következményei. „A víz hiánya és többlete, mint potenciális veszélyforrás” című BTT-MTA-DVF Konferencia gyűjteményes kötete. (Megjelenés alatt)
- VÁRALLYAY GY., SZÜCS L., RAJKAI K., ZILAHY P. & MURÁNYI A. (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan* 29. p. 77–112.



**Az antropogén hatások mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tiszántúli kertek talajaiban**

Mester Tamás<sup>1</sup>, Balla Dániel<sup>1</sup>, Botos Ágnes<sup>1</sup>, Szabó György<sup>1</sup>, Sándor Gábor<sup>2</sup>,  
Novák Tibor József<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DE TTK, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék  
E-mail: novak.tibor@science.unideb.hu

<sup>2</sup> BCE TTK, Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék

**Összefoglalás**

Munkánk során különböző földrajzi adottságú alföldi területek kerti talajaiban a WRB 2015 diagnosztika alapján vizsgáltuk az antropogén hatások mértékét, jellegét. A vizsgált 6 szelvény közül 2 szelvény tulajdonságai oly mértékben módosultak, hogy ezeket az antropogén talajok közé tudtuk sorolni (Báránd 2. ANTHROSOL; Debrecen 1. TECHNOSOL). A kisebb átalakuláson átesett szelvények esetében az adott referenciacsoporthoz minden esetben antropogén hatást jelző elő- és/vagy utóminősítőket tudtunk rendelni (*Anthric*, *Aric*, *Ekranic*, *Hortic*). A vizsgált talajszelvények valamely diagnosztikai talajparaméterének antropogén hatásra bekövetkező módosulása minden esetben kimutatható volt.

**Summary**

In our study we investigated the nature and extent of the anthropogenic effects according to the WRB 2015 diagnostics in garden soils from the Great Hungarian Plain with different geographical characteristics. The properties of 2 from 6 soil profiles have been modified to such an extent that they could be ranked among the anthropogenic soils (Báránd 2. ANTHROSOL; Debrecen 1. TECHNOSOL). In the case of profiles which were modified to a lesser transformation, principal and/or supplementary qualifiers indicating the anthropogenic effect could be assigned to the given reference groups (*Anthric*, *Aric*, *Ekranic*, *Hortic*). The modification of certain diagnostic parameters of the investigated soil profiles due to anthropogenic effects could be demonstrated in all cases.

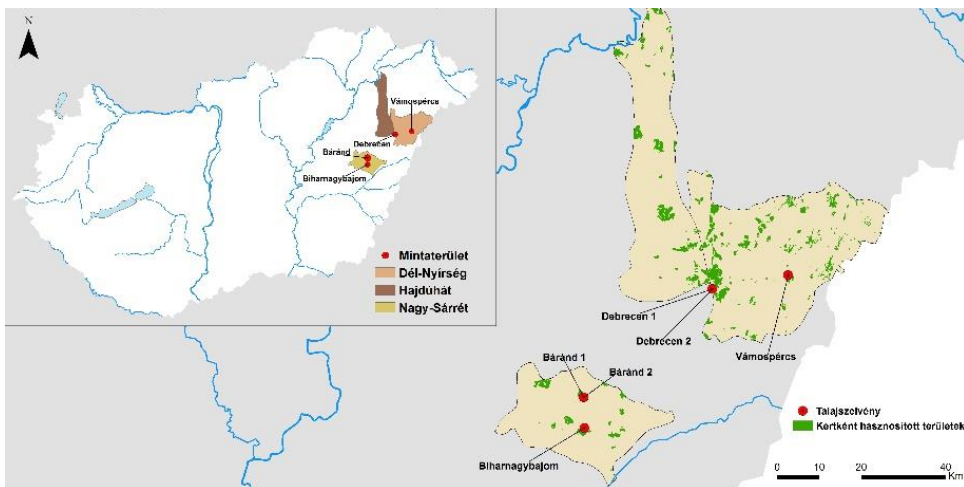
**Bevezetés**

A tradicionálisan kertként hasznosított területek talaja számos sajátos jellemzővel rendelkezik (DUDAL et al., 2002). Mivel többségükben a lakott területekhez, lakóépületekhez közel helyezkednek el, és a sajátos művelési igényű, speciális kultúrák termelésének térszínei (zöldség, gyümölcs, fűszerek, dísznövények stb.), ezért területükön a többi megművelt talajhoz képest is erőteljesebb antropogén hatásokkal számolhatunk. Ezek hatása megmutatkozik talajjavító anyagok, szerves trágyák, komposzt, kertészeti hulladék rendszeres és viszonylag nagyarányú hozzákeverésében, feltöltésben, a lakott területekről bekerülő építési törmelék, máshonnan áthalmozott anyag jelenlétében, rendszeres és alapos forgatásban (SCHLEUSS et al., 1998; GALBRAITH et al., 1999). SZOLNOKI & FARSANG (2013) Szeged kertvárosi talajainak nehézfém tartalmára vonatkozó vizsgálataik során jelentős antropogén eredetű Cu, Pb, Zn dúsulást mutattak ki. SÁNDOR

G. és SZABÓ GY. (2012) Vásárosnaményban végzett vizsgálata alapján a kerti talajok magas Cu tartalma a növényvédő szerek használatára vezethető vissza. PUSKÁS et al. (2008) Szeged külvárosában végzett kutatásai kimutatták, hogy az antropogén hatások következtében a legtöbb diagnosztikai talajparaméterben változás következik be, jól tükrözve a talajok antropogenitását. Ugyanakkor ezek a hatások rendkívül mozaikosan jelennek meg, ezért kis területen belül rendkívül nagy különbségek jelentkezhetnek a talaj szervesanyag-tartalma, tápanyagtartalma, vízgazdálkodása és egyéb jellemzőinek tekintetében (SZOLNOKI et al., 2011; HAGAN et al., 2012; GREINERT, 2015). A kerti talajok a legkülönbélebb földrajzi adottságok mellett, eltérő talajképző kőzetten, más- és más domborzati viszonyok mellett is megjelennek, viszont általában hosszú ideje intenzív, hasonló jellegű gazdálkodás folyik rajtuk. Vizsgálatunk célja ezért az volt, hogy e részben települési, vagy ahhoz közeli környezetben, illetve zártkertekben kialakított kerti talajokat megvizsgálva megállapítsuk, hogy azok milyen közös, illetve egyedi jellemzőkkel bírnak, emellett milyen mértékűek és milyen jellegűek a talajszelvényben megjelenő és kimutatható antropogén hatások. Mivel az antropogén talajok hazai genetikai talajosztályozási rendszerünk egyetlen egységének sem feleltethetők meg (MICHÉLI et al., 2006, 2015; FARSANG et al., 2015), ezért ahhoz, hogy lehetőségünk legyen a talajokat ért antropogén hatások mértékének bemutatására és az antropogén talajok lehatárolására, vizsgálatunkban a diagnosztikai szemléletű, nemzetközi talajosztályozási rendszer, a World Reference Base for Soil Resources (WRB) 2015-ös kiadása (IUSS WG 2015) alapján végeztük el a kerti talajszelvények osztályozását.

### Anyag és módszer

Kutatásunk során 3 eltérő földrajzi adottsággal rendelkező tiszántúli kistáj (GYALOG, 2005) kerti talajait vizsgáltuk (*1. ábra*). A Nagy-Sárréten Bárádon két, Biharnagybajomban egy zártkerti talajszelvényt létesítettünk. A Hajdúhátot Debrecenben egy zártkerti és egy külterületi, a Dél-Nyírségben Vámospércsen egy külterületi elhelyezkedésű talajprofil készítettünk (*1. ábra, 2. ábra*).



3. ábra: A mintaterület és felszínborítási kategóriák



## **Az antropogén hatások mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tiszántúli kertek talajaiban**

---

Ahhoz, hogy az általunk vizsgált kistájakon található kerti talajok területét, és a kistáj területéhez viszonyított arányát meg tudjuk határozni, a Corine CLC50 felszínborítási kategóriái (BÜTTNER et al., 2004) közül leválogattuk azokat, amelyek a kerti talajokat reprezentálják (*1. ábra*). Az adatbázis alapján az alábbi felszínborítási osztályokra találtuk jellemzőnek a kerti talajokat:

**1.1.2.2. Nem összefüggő, családi házas és kertés beépítés:** Olyan területek, ahol javarészt kertés családi házak találhatóak. A házakhoz gyümölcsfák, zöldes kertek, esetleg kisebb szántó területek csatlakozhatnak.

**1.1.2.3. Erdői környezetben lévő, nem-összefüggő beépítés:** Erdőbe épített, állandóan lakott területek.

**2.2.2.1 Gyümölcsfa ültetvények:** A gyümölcsfa ültetvények (alma, szilva, körte, cseresznye, barack) és a csonthéjasok (dió, gesztenye, mogyoró, mandula) területei.

**2.2.2.2. Bogyós ültetvények:** A bogyós gyümölcsök ültetvényei (málna, egres, stb.).

**2.4.2.1. Komplex művelési szerkezet épületek nélkül:** Különböző egynyári növények kisméretű parcelláinak, legelőknak és/vagy állandó növényi kultúráknak (gyümölcsös, bogyósok, szőlő) egymás melletti előfordulása épületek nélkül.

**2.4.2.2. Komplex művelési szerkezet szórt elhelyezkedésű épületekkel, tanyák**

**2.4.3.1. Mezőgazdasági területek túlsúlyban szántókkal és jelentős természetes vegetációval:** Túlsúlyban (> 50 %) szántóföldek, de a területen egyedileg 4 ha-nál kisebb erdősávok, erdőfoltok, természetközeli gyepek, mocsarak, vízfelületek is előfordulhatnak.

**2.4.3.5. Mezőgazdasági területek állandó kultúrák jelentős előfordulásával, és szórt megjelenésű természetes vegetációval:** Túlsúlyban szőlő és gyümölcsös (> 50%), természetközeli gyepekkel és erdészeti fajokkal (erdő foltok, erdősávok) egyedileg 4 ha-nál kisebb foltokból felépítve.

A szelvénykörnyezet és a talajszelvények leírása a Guidelines For Soil Description (FAO, 2006) alapján végeztük el. A szelvényleírás során elkülönítettük a genetikai talajszinteket, meghatároztuk a talajprofilok diagnosztikai szintjeit, tulajdonságait és talajanyagait (*2. ábra, 2. táblázat*). A talajszintekből mintát vettünk, melyeken a Debreceni Egyetem Földrajz laboratóriumában meghatároztuk azok fizikai és kémiai alaptulajdonságait: 1. a talajszintek fizikai-félesége (Köhn-féle módszer); 2. CaCO<sub>3</sub> – tartalom (Sheibler-féle kalciméter); 3. Humusz-tartalom (kálium-dikromátos eljárás); 4. pH (H<sub>2</sub>O) és pH (KCl); 5. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom (0,5 M NaHCO<sub>3</sub>); 6. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (ammónium-laktátos kivonás). A szelvényleírás és a laboratóriumi eredmények alapján a talajszelvények osztályozását a WRB 2015 (IUSS WG 2015) alapján végeztük el (*2. táblázat*).

### **Eredmények és értékelésük**

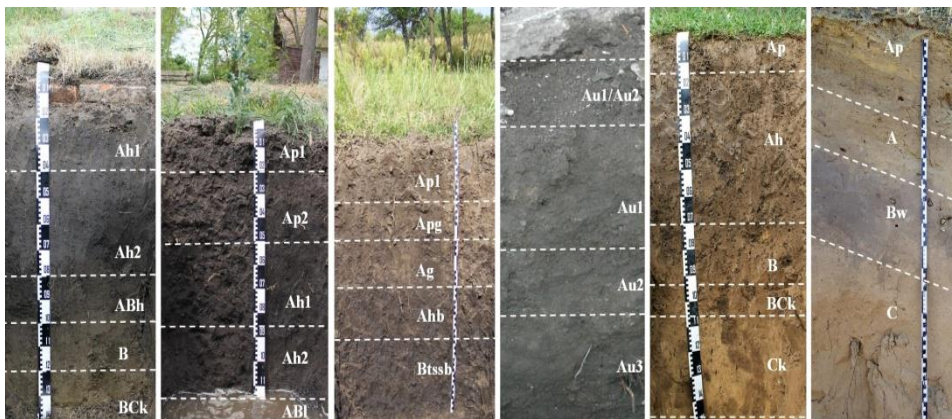
A Corine CLC50 felszínborítási kategóriákat leválogatva meghatároztuk a kistájakon található kerti talajok területét és a területükhöz viszonyított arányát (*1. táblázat*). A kerti talajok területaránya országosan 5,9%-ra tehető. Az országos értékkel azonos a Hajdúháton mért területarány, amely az eltérő településszerkezet következtében a Nagy-Sárréten az országos értékhez képest alulreprezentált (3,6%), míg a Dél-Nyírségben

felülreprezentált (7,8%). A kerti talajok területaránya tehát mozaikos elhelyezkedésük ellenére koránt sem elhanyagolható mértékű.

**1. táblázat: A kerti talajokat magában foglaló felszínborítási kategóriák**

Kistáj	Corine CLC50 kategória				Összesen	Területarány
	1.1.2.2	2.2.2.1	2.4.2.1	2.4.3.1		
	1.1.2.3	2.2.2.2	2.4.2.2	2.4.3.5	km <sup>2</sup>	%
Nagy-Sárrét	18,8	0,9	1,3	0,2	21,4	3,6%
Dél-Nyírség	44,6	22,2	6,7	13,8	87,4	7,8%
Hajdúhát	39,2	5,20	4,3	1,5	50,1	5,9%
Magyarország	3396,3	691,5	902,7	498,0	5488,4	5,9%

A talajszelvények diagnosztikai vizsgálatát elvégezve megállapítható, hogy tájtól és talajképző közettől függetlenül, az osztályozás szintjén és a diagnosztikai talajanyag (műtermékek és/vagy technikai szilárd közet) tekintetében minden általunk vizsgált szelvényben kifejezésre kerül az antropogén hatás (2. ábra, 2. táblázat). A vizsgált talajok antropogenitása ugyanakkor jelentős eltéréseket mutat. A vizsgált szelvények közül csak a Báránd 2. és Debrecen 1. szelvény tulajdonságai módosultak oly mértékben, hogy ezeket az antropogén talajok közé tudjuk sorolni (2. táblázat).



**2. ábra: A feltárt szelvények: Báránd 1; Báránd 2; Biharnagybajom; Debrecen 1; Debrecen 2; Vámospércs**

## Az antropogén hatások mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tisztántúli kertek talajaiban

2. táblázat: A szelvények WRB besorolása

Szelvény Azonosító	RSG	Minősítők		Diagnosztika		
		Előminősítő	Utóminősítő	szint	tulajdonság	talajanyag
Báránd 1	CHERNOZEM	<i>Hortic</i>	Protocalcic, Loamic, Pachic, <b>Prototechnic</b>	<i>hortic</i> , chernic	protocalcic	<i>műtermékek</i>
Báránd 2	<b>ANTHROSOL</b>	<i>Hortic</i>	Loamic, Calcaric	<i>hortic</i> , mollic		<i>műtermékek</i>
Biharnagy-bajom	PHAEOZEM	Endovertic	<b>Anthric</b> , Loaminovic, Pachic, Epiprotostagnic	mollic, vertic	nyíló-záró repedések, <b>anthric</b> , stagnic	<i>műtermékek</i>
Debrecen 1	<b>TECHNOSOL</b>	<b>Ekranic</b>	Calcaric, Humic	mollic		<i>műtermékek</i> <i>technikai szilárd kőzet</i>
Debrecen 2	CHERNOZEM	Haplic	<b>Aric</b> , Loamic, Pachic	chernic calcic		<i>műtermékek</i>
Vámospércs	ARENOSOL	Calcaric-Brunic	Aeolic, <b>Aric</b> , Ochric, Nechic, Areninovic, Bathylamellic			<i>műtermékek</i> calcaric

A Báránd 2. szelvényt az ANTHROSOL referenciacsoporthoz soroltuk, mert 50 cm-nél vastagabb *hortic szinttel* rendelkezik. A *hortic szint* olyan emberi tevékenység következtében kialakuló ásványi feltalajszint, amely mély talajművelés, intenzív trágyázás, emberi és állati hulladékok és más szerves maradványok (pl. trágya, konyhai hulladék, emésztőgödrök tartalma) hosszú időn keresztül tartó, folyamatos alkalmazásának eredményeként jön létre, amelynek 1. Munsell színértéke nedvesen legfeljebb 3; és 2. szervesszén-tartalma súlyozott átlagban  $\geq 1\%$ ; és 3. a felső 25 cm-ben a földes részből 0.5 M NaHCO<sub>3</sub>-ban oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma (Olsen módszerrel)  $\geq 100$  mg·kg<sup>-1</sup>; és 4. bázisítottsága (1 M NH<sub>4</sub>OHAc)  $\geq 50\%$ ; és 5.  $\geq 25$  térfogat %-át teszik ki állattjáratok, koprolitok, vagy más, talajlakó állatok aktivitására utaló nyomok; és 6. vastagsága legalább 20 cm (IUSS WG 2015). A szelvény *Ap1*, *Ap2* és *Ah1* szintjeiben is 150 mg/kg fölötti P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalmat mértünk. Ugyan a Báránd 1. szelvény is rendelkezik *hortic szinttel*, azonban ennek vastagsága <50 cm, így ez a szelvény nem felel meg az ANTHROSOL referenciacsoporthoz kritériumainak. A Debrecen 1. szelvény felső szintjében 15 cm vastag technikai szilárd kőzet található, ezért a TECHNOSOL referenciacsoporthoz soroltuk. Mivel a technikai szilárd kőzet a felszíntől  $\leq 5$  cm kezdődően borítja a talajt, ezért a referenciacsoporthoz az **Ekranic** előminősítőt rendeltük.

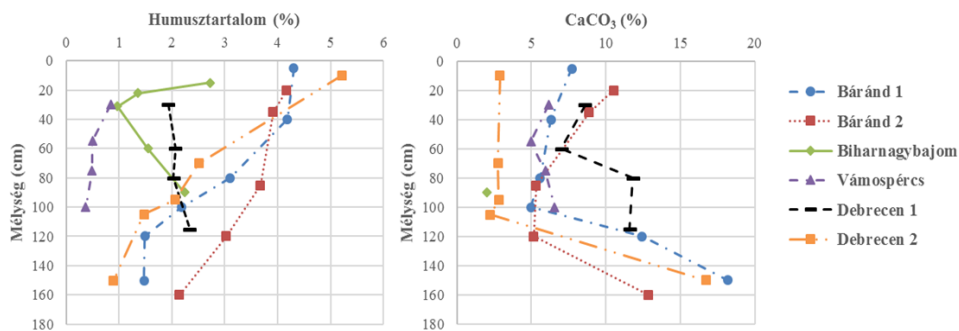
A kisebb mértékben átalakult szelvények esetében a természetes talajokra jellemző referenciacsoporthoz nem módosulnak, ugyanakkor minden esetben az adott referenciacsoporthoz antropogén hatást jelző elő- és/vagy utóminősítőket tudunk rendelni (2. táblázat). A Báránd 1. szelvény CHERNOZEM referenciacsoporthoz a *Hortic* elő- és a

**Prototechnic** ( $\geq 5\%$  műterméktartalom a felső 100 cm-ben) utóminősítőt adtuk. A Biharnagybajomi szelvény PHAEOZEM referenciacsoportjához az **Anthric** utóminősítőt rendeltük. Az *anthric szint* mérsékelt vastagságú, sötét színű feltalajszint, amely hosszú ideig tartó művelés (szántás, forgatás, meszezés, trágyázás stb.) eredményeként alakul ki, amely 1. szín, szerkezet és szervesanyag-tartalom tekintetében a *mollic* és *umbric szint* minden követelményének eleget tesz; és 2. az emberi bolygatás nyilvánvaló jeleit viseli, mégpedig: a. a szántás mélységében éles határvonal, eketalp réteg; vagy b. csomós, göbceses megjelenésű bedolgozott mész; vagy c. a talajrétegek összekeveredése talajművelés következtében; vagy d. legalább  $1,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  citromsavval kioldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  tartalom; és 3. a művelés szintje alatt térfogatának kevesebb, mint 5%-ában tartalmaz állatjáratokat, koprolitokat, vagy más, talajlakó állatok aktivitására utaló nyomokat; és 4. legalább 20 cm vastagságú. A Debrecen 2. CHERNOZEM és a Vámspércsi ARENOSOL referenciacsoportba sorolt szelvényekhez a szántott bolygatást kifejező **Aric** utóminősítőt tudtuk rendelni, mivel a felszíntől számított  $\geq 20$  cm-ig szántott szintjük van.

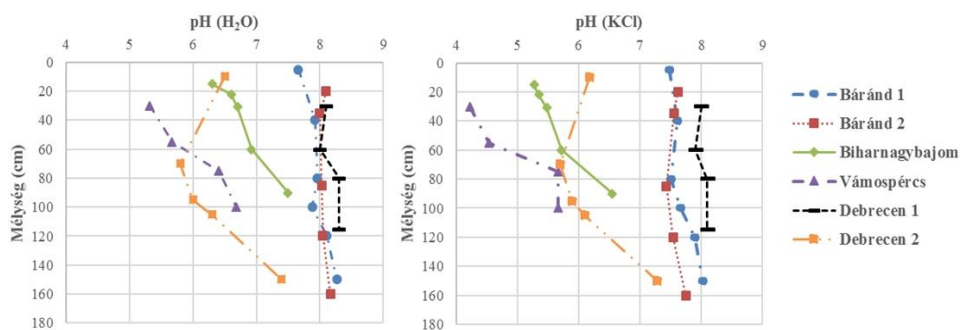
Az elvégzett laboratóriumi vizsgálatok a diagnosztikai talajparaméterekben is antropogén hatásra bekövetkező módosulásokat mutattak ki. A karbonáttartalom a természetes talajokban az eredeti talajszintek megjelenésével fokozatosan emelkedik a talajképző kőzet felé, vagy talajvízhatás alatt egy felhalmozódási szint (*calcic, protocalcic*) jön létre. Ez a természetes lefutás olyan antropogén hatások következtében, mint a meszezéssel történő talajjavítás, műtermékek talajba történő bekeverése, jelentősen módosulhat, a feltalaj művelt rétegében a  $\text{CaCO}_3$  tartalom megnövekedéséhez vezet. Az általunk vizsgált talajszelvények esetében – a Biharnagybajomi szelvény kivételével – karbonát profil antropogén hatásra történő módosulása kimutatható volt. A szelvényprofilokra jellemző, hogy a feltalajban a művelés mélységéig megnövekedett  $\text{CaCO}_3$  tartalom az alsóbb szintekben csökken és csak a talajképző kőzethez közel kezd el újra emelkedni (3. ábra).

A vizsgált kerti talajok felszíni talajrétegeinek esetében a folyamatos kertművelés (bolygatás, szántás) jobb levegőzöttséget eredményezett, amely a humuszvegyületek fokozott lebontódásához vezetett. A Báránd 1. *Ah1* és Báránd 2. szelvény *Ap szintjében* a művelt talajokra jellemző, valamivel 4% feletti, a Debrecen 2. szelvény feltalajában pedig 5,22% humusztartalmat mutattunk ki. Ugyanakkor az antropogén hatások nem csak a humusztartalom felszíni szintben található mennyiségét, hanem annak szelvény menti eloszlását is befolyásolhatják. Míg a feltöltést nem tartalmazó szelvényekben a humusztartalom a mélységgel fokozatosan csökkenő mintázatot mutat, addig a feltöltést tartalmazó szelvényeknél a humusztartalom szelvény menti lefutása rapszodikus (SZOLNOKI et al. 2011). Az általunk vizsgált szelvények közül két szelvényprofilban módosul a humusztartalom szelvény menti lefutása a feltöltés, illetve a nagyfokú átkeverés következtében. A Biharnagybajomi szelvényben a feltöltés alsó határáig, 30 cm-ig 2,72%-ról 0,92%-ra csökken a humusztartalom, ezt követően a szelvény alsó 100 cm-es szintjéig újból növekszik 0,92%-ról 2,24%-ra. A Debrecen 1. szelvény felső szintjétől a szelvény alsó 115 cm-es szintjéig fokozatosan 1,93%-ról 2,34%-ra nő a humusztartalom.

## Az antropogén hatások mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tisztántúli kertek talajaiban



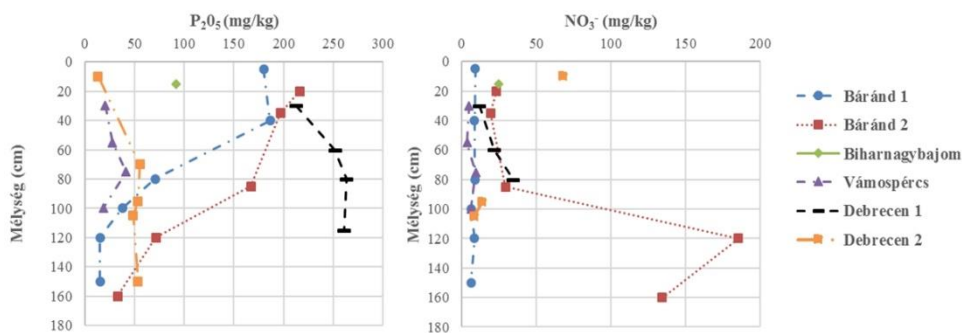
3. ábra: A CaCO<sub>3</sub> és humusztartalom alakulása a vizsgált szelvényekben



4. ábra: A pH (H<sub>2</sub>O) és a pH (KCl) értékek alakulása a vizsgált szelvényekben

A kémhatás a közel természetes állapotú szelvényekben a mélységgel fokozatosan növekszik, amely az antropogén hatások következtében megváltozhat. Emellett talajjavítás céljából hozzáadott anyagok, illetve a trágyával együtt bekerülő hulladék, vagy a szándékolatlanul bekeveredő építési törmelék inkább a lúgos tartományba tolják el a talaj pH értékét. A Debrecen 1. TECHNOSOL referenciacsoportba sorolt talajszelvény pH értéke a magas műtermék tartalom következtében a lúgos tartományba tolódott, mindemellett az *Au1/Au2 kevert szinttől* a 60 cm-ig tartó *Au1 szintig* a pH csökkenését mutattuk ki. A feltalaj szintjétől pH-érték csökkenést mértünk több vizsgált szelvényben is. Legnagyobb mértékű csökkenés a Debrecen 2. szelvény esetében mértünk Az *Ap szint* 6,5 pH (H<sub>2</sub>O) értéke az *Ah szintben* 5,8 értékre csökkent. Hasonló tendencia a Báránd 1. és 2. szelvényekben is kimutatható volt.

A WRB 2015 diagnosztika alapján a *hortic szint* több, mint 100 mg/kg foszfátot tartalmaz. Az általunk vizsgált szelvények esetében a Báránd 1-2. és a Debrecen 1. szelvényekben mértünk igen magas (> 150 mg/kg) koncentrációt, a Biharnagybajomi szelvény esetében pedig szintén magas, 91,7 mg/kg értéket mutattunk ki (5. ábra). Ez a magas foszfáttartalom szintén a szerves anyagok (elsősorban csont és baromfiürülék) talajba keverésének következménye. Mivel a foszfát a talajban kevésbé mobilis, ezért a Debrecen 1. szelvény mélyebb rétegekben (60-120 cm) is jelentős, 250 mg/kg feletti foszfáttartalma, valamilyen foszfáttartalmú törmelék nagy vastagságban történt hozzákeveréséből származhat.



**5. ábra: A  $P_2O_5$  és a  $NO_3^-$  értékek alakulása a vizsgált szelvényekben**

Az erősen trágyázott talajok nitrát tartalma jellemzően 60 mg/kg felett alakul, a 100 mg/kg feletti értékek esetében a kimosódás veszélye jelentősen megnő. A szelvények  $NO_3^-N$  tartalmának vizsgálata alapján kijelenthető, hogy a Báránd 2. ANTHROSOL referenciacsoportba sorolt talajszelvényt hosszú ideig nagy mennyiségű trágyázás érte (5. ábra). A szelvény nitrát tartalmának maximuma (185,7 mg/kg) a 85-120 cm-ig tartó *Ah2* szintben húzódik, amely igen jelentős kimosódásra utal. Méréseink alapján a nagy mennyiségű szerves trágyázás kimutatható a Debrecen 2. szelvény esetében is, ahol az *Ap* szintben 68,1 mg/kg értéket mértünk.

### Összegzés

Munkánk során különböző földrajzi adottságú alföldi területek kerti talajaiban vizsgáltuk az antropogén hatások mértékét és jellegét. A talajszelvények diagnosztikai vizsgálatát (WRB 2015) elvégezve megállapítottuk, hogy tájtól és talajképző közettől függetlenül, az osztályozás szintjén és a diagnosztikai talajanyag tekintetében minden általunk vizsgált szelvényben kifejezésre jut az antropogén hatás, melynek mértéke ugyanakkor jelentős eltéréseket mutat. A zártkerti szelvények jellemzően nagyobb mértékű módosuláson estek át, mint a külterületi talajok. A vizsgált 6 szelvény közül csak 2 szelvény tulajdonságai módosultak oly mértékben, hogy ezeket az antropogén talajok közé tudjuk sorolni (Báránd 2. ANTHROSOL; Debrecen 1. TECHNOSOL). A kisebb átalakuláson átesett szelvények esetében az adott referenciacsoportba minden esetben antropogén hatást jelző elő-és/vagy utóminősítőket tudtunk rendelni (*Hortic*, *Ekranic*, *Anthric*, *Aric*). A vizsgált talajszelvények valamely diagnosztikai talajparaméterének antropogén hatásra bekövetkező módosulása minden esetben kimutatható volt. A legtöbb szelvényben megváltozott a karbonát profil szelvény menti lefutása, a zárt kertek talajaiban pedig igen magas  $P_2O_5$  koncentrációkat mértünk.

### Irodalomjegyzék

BÜTTNER G., MAUCHA G., BÍRÓ M., KOSZTRA B., PATAKI R. & PETRIK O., (2004): "National land cover database at scale 1:50.000 in Hungary" EARSeL eProceedings Volume 3, Issue 3, 323–330.

DUDAL, R., F.O. NACHTERGAELE, M.F. & PURNELL. (2002): The human factor of soil formation. Transactions of the 17th World Congress of Soil Science, Thailand.

FAO (2006): Guidelines for soil description, Roma, ISBN: 92-5-105521-1.

## **Az antropogén hatások mértékének és jelentőségének értékelése WRB irányelvek alapján tiszántúli kertek talajaiban**

---

FARSANG A., SZOLNOKI Zs., BARTA K. & PUSKÁS I. (2015): Javaslat az antropogén talajok osztályozására a hazai, megújuló osztályozási rendszer keretei között, *Agrokémia és Talajtan* 64 (1): 299-316.

GALBRAITH, J.M., RUSSELL-ANELLI, J.M., & BRYANT, R.B. (1999): *Major kinds of humanly altered soils*, in J.M. Kimble, R.J. Ahrens, and R.B. Bryant, Eds. *Classification, Correlation, and Management of Anthropogenic Soils. Proceedings. USDA-NRCS, Nat. Soil Surv. Center, Lincoln, NE.*

GREINERT, A. (2015): The heterogeneity of urban soils in the light of their properties, *Journal of Soils and Sediments* Vol. 15(No. 8):1725-1737, January 2015

GYALOG, L. (szerk.) (2005). *Magyarázó Magyarország fedett földtani térképéhez (Az egységek rövid leírása, 1:100 000)*. MÁFI, Budapest, 189.

HAGAN, D., DOBBS, C., TIMLSINA, N., ESCOBEDO, F., TOOR, G. S. & ANDREU, M. (2012): Anthropogenic effects on the physical and chemical properties of subtropical coastal urban soils *Soil Use and Management*, [Volume 28, Issue 1](#), 78–88,

IUSS Working Group WRB. (2015): World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome 192. pp.

MICHÉLI E., FUCHS M., HEGYMEGI P. & STEFANOVITS P. (2006): Classification of the Major Soils of Hungary and their Correlation with the World Reference Base for Soil Resources (WRB). *Agrokémia és Talajtan* 55 (1): 19-28.

MICHÉLI E., FUCHS M., LÁNG V., SZEGI T. & SZABÓNÉ KELE G. (2015): Javaslat talajosztályozási rendszerünk megújítására: alapelvek, módszerek, alapegységek. *Agrokémia és Talajtan* 64 (1): 285-297.

PUSKÁS I., PRAZSÁK I., FARSANG A. & MARÓY P. (2008): Antropogén hatásra módosult fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok értékelése Szeged és környéke talajaiban, *Agrokémia és Talajtan* 57 (2): 261-280. ISSN 0002-1873

SÁNDOR G. & SZABÓ GY. (2012): A nehézfém-tartalom és a területhasználat kapcsolatának vizsgálata Vásárosnamény talajaiban, *Térinformatikai konferencia és szakkiállítás, Debrecen, Debreceni Egyetemi Kiadó, 2012*. pp. 345-352.

SCHLEUSS, U., WU, Q. & BLUME, H.P. (1998): Variability of soils in urban and periurban areas in Northern Germany. *Catena*, 33, 255-270.

SZOLNOKI Zs., FARSANG A. & PUSKÁS I. (2011): *Szeged külvárosi, kerti talajainak osztályozása*, *Talajvédelem*. pp. 93-102. ISSN 1216-9560

SZOLNOKI Zs. & FARSANG A., (2013): *Nehézfémek feldúsulása és mobilitása kertművelés alatt álló talajokban, városi környezetben*, *Talajvédelem*. 493-503. ISSN 1216-9560





**A NAIK ERTI Püspökladányi Állomás talajainak taxonómiai helyzete  
WRB 2015 szerint**

*Novák Tibor József<sup>1</sup>, Balla Dániel<sup>1</sup>, Rásó János<sup>2</sup>, Botos Ágnes<sup>1</sup>, Mester Tamás<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *DE TTK, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék E-mail:  
novak.tibor@science.unideb.hu*

<sup>2</sup> *NAIK ERTI Püspökladányi Kísérleti Állomás*

**Összefoglalás**

Kutatásunkban azt vizsgáltuk, hogy archív adatok és leírások alapján milyen pontossággal lehet meghatározni a NAIK ERTI Püspökladányi Állomás 18 genetikai osztályozásban besorolt talajszelvényének World Reference Base for Soils (WRB) szerinti taxonómiai helyzetét (RSG). Megvizsgáltuk, hogy a genetikai típushoz rendelhető altípus és változati tulajdonságokban kifejezésre jutó információtartalom, mely WRB minősítővel írható le. Továbbá összehasonlítottuk az ugyanazon talajtulajdonság kifejezésére szolgáló altípus és változati tulajdonságok és a WRB minősítők használatának kritériumait. Megállapítottuk, hogy az adatgyűjtés eltérő módszertanából fakadó információhiány nem csupán egyes minősítők megítélését teszi lehetetlenné, hanem gyakran a referencia csoport meghatározását is.

**Summary**

In our study we investigated how precisely we can identify the taxonomic position according to the World Reference Base for Soils (WRB) of soil profiles categorized according to the 18 genetic classification of the NAIK ERTI Püspökladány Station (RSG) based on the archived data and descriptions. We investigated which WRB qualifiers can be used to describe the subtypes and variant properties of different genetic types. Furthermore, we compared the criteria for using the WRB qualifiers to the variant properties and subtypes of the same soil property. We concluded that the lack of information due to the different methods of data collection makes it impossible not only to identify the certain qualifiers but often to identify the reference groups.

**Bevezetés**

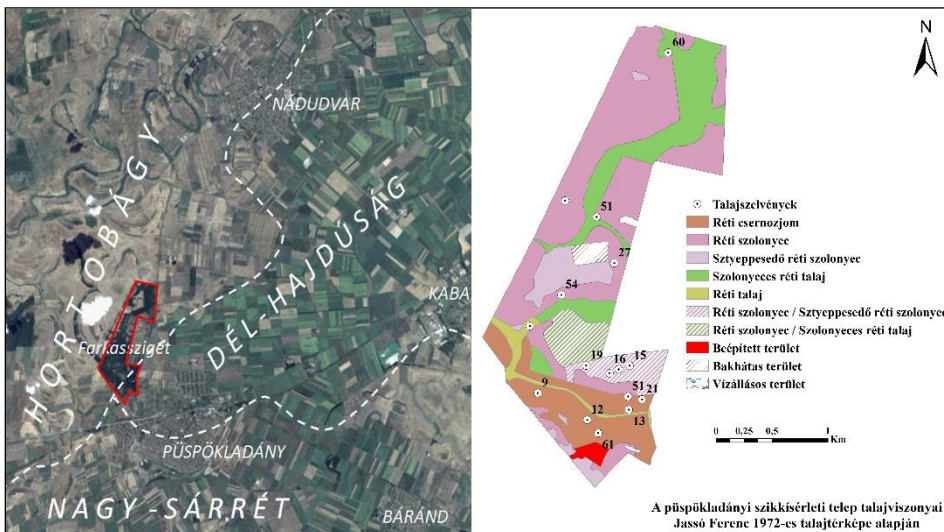
A NAIK ERTI Püspökladányi Állomás – melyet az alföldi szikes, vagy mélyben sós termőhelyek fásítási módszereinek kidolgozása végett alapítottak – legfontosabb feladata a szikkísérleti kutatások helyi kiértékelése. Az állomás talajairól, azok kulcsfontosságú jelentősége miatt nagy mennyiségű és részletes adatbázis áll rendelkezésünkre (JASSÓ, 1972; TÓTH, 1972). A területen számos, részletesen leírt, és genetikai rendszerben osztályozott szelvény található, melyek alapján már az 1960-as években részletes genetikai talajtérkép készült (JASSÓ, 1962).

Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a meglévő adatok alapján milyen pontossággal tudjuk meghatározni a hazai osztályozás alapján besorolt talajok World Reference Base for Soils (WRB) szerinti taxonómiai helyzetét (RSG). Mivel a hazai

genetikus talajosztályozási rendszer és a nemzetközi diagnosztikai alapú WRB talajosztályozási rendszer eltérő szemlélettel és módszertannal rendelkezik, így nem feltétlenül állnak rendelkezésre a WRB követelményeinek maradéktalanul megfeleltethető adatok (EBERHARDT & WALTNER, 2010; MICHÉLI, 2011; MICHÉLI et al., 2014). Emiatt arra is kerestük a választ, hogy milyen információk és adatok hiánya gátolja leginkább a WRB szerint történő újraosztályozást az állomáson jellemző talajok esetében. Az eddig hozzáférhető (Soil Atlas of Europe; ISRIC; stb.) térképi adatbázisok a WRB szerinti taxonómiát a 2006-os kiadás (IUSS WG 2007) alapján végzett automatikus újraosztályozás eredménye alapján mutatják be. A WRB 2014-es és 2015-ös kiadásában (IUSS WG 2014, 2015) azonban nem csupán az osztályozás követelményei módosultak, hanem az egyes referenciacsoportok sorrendje is, ezért a módosítások következtében az állomás területén előforduló talajok WRB taxonómiai helyzete jelentősen módosult.

### Anyag és módszer

A mintaterület a Hortobágy a Dél-Hajdúság és a Nagy-Sárrét találkozásánál helyezkedik el (NOVÁK, 2015)(1. ábra). A hazai talajosztályozási rendszer (FÖLDVÁRI, 1966; STEFANOVITS, 1992; STEFANOVITS et al., 1999) alapján az állomás területének jellemző talajtípusai a réti szolonyec, a sztyeppesedő réti szolonyec, másodlagosan elszikesedett talajok, szolonyeces réti talajok, és réti csernozjomok, valamint ezek altípusai jellemzőek (ARANY, 1956; JASSÓ, 1962; JASSÓ, 1972). Térbeli eloszlásukat elsősorban a felszín domborzata, a talajvíz mélysége és minősége határozza meg (SZABOLCS, 1954/A). Az állomás alacsonyabb fekvésű északi részén a szikes talajok (réti szolonyec, sztyeppesedő réti szolonyec), míg a déli, délkeleti részen a Dél-Hajdúságra jellemző réti csernozjom talajok dominálnak (KÁTAI & NOVÁK, 2010). A mintegy 60-80 éve zajlott erdőtelepítések hatására a talajok fizikai-kémiai sajátosságai jelentős mértékben módosulhattak (BACSO & LESZTÁKNÉ, 1960; LESZTÁKNÉ, 1961; BALOG et al., 2014).



**1. ábra: A mintaterület elhelyezkedése és a jellemző talajtípusok Jassó (1972) talajtérképén, az újraosztályozott szelvények elhelyezkedésével**

## A NAIK ERTI Püspökladányi Állomás talajainak taxonómiai helyzete WRB 2015 szerint

---

Az archív adatok alapján 18 genetikai osztályozásban besorolt talajszelvényt vizsgáltunk, melyből 3 szelvény az állomás területén kívül, ugyanakkor annak környezetében található. (1. táblázat). A szelvényeket az archív adatok (BUDAY & SCHMIDT, 1938/A; BUDAY & SCHMIDT, 1938/B; JASSÓ, 1972; VÁRALLYAY, 1972) és leírások alapján a WRB 2006-os és 2015-ös verziója alapján újraosztályoztuk, majd a genetikai osztályozás eredményét és a WRB osztályozás eredményét összevetettük.

A WRB 2014-es kiadás egyik, a mintaterület szempontjából releváns változása az, hogy Solonetz a Vertisol referenciacsoport elé került. Az eddigi Sodic előminősítővel rendelkező Vertisol talajok a Solonetz referenciacsoportba kerültek, és Vertic előminősítőt kaptak. Emellett néhány pontban módosultak a Vertisol, a Chernozem osztályozási követelményei, amelynek következtében számos korábbi Chernozem más referencia csoportba kerülhet.

### Eredmények és Értékelésük

Az általunk vizsgált 18 szelvény újraosztályozása során 8 esetben adathiány miatt nem volt lehetőség a WRB referenciacsoportba történő besorolásra. A többi 10 szelvény osztályozásának eredményét az 1. táblázat tartalmazza.

#### A vizsgált szelvények WRB osztályozásának tanulságai a hazai osztályozásra vonatkozóan

A genetikai típushoz rendelhető altípus és változati tulajdonságok esetén megvizsgáltuk, hogy az azokban kifejezésre jutó információtartalom mely WRB minősítővel volt leírható, és milyen eltéréseket mutatnak ugyanazon talajtulajdonság kifejezésére szolgáló „változati és altípus tulajdonságok” és a „WRB minősítők” alkalmazásának a követelményei (2. táblázat).

A „mély humuszos rétegű” tulajdonság párhuzamba állítható a „Pachic” minősítővel, azonban ennek vastagsága a WRB szerint  $\geq 50$  cm, míg a genetikai osztályozásban talajtípustól függően  $\geq 80$  cm (mezőségi, réti és lejtőhordalék) vagy  $\geq 60$  cm (BET-ok, és öntéstalajok) vagy, és  $\geq 40$  cm közethatású és homoktalajok esetén. Mivel a minősítő csak a mollic, vagy umbric szint megléte esetén alkalmazható, ebből kifolyólag szerkezetre vonatkozó követelménye is van, amely a „mély humuszos rétegű” tulajdonság alkalmazásánál hiányzik. Ugyanakkor egyes esetekben a hazai osztályozásban a „közepes humuszos rétegű” tulajdonság (mezőségi talajoknál 40-80 cm) ugyancsak a „Pachic” minősítőnek felel meg.

A hazai osztályozásban alkalmazott „karbonátos” tulajdonság nem kvantitatív, így nem feltétlenül jelenti a „Calcic” minősítő alkalmazhatóságát. „Calcic” minősítőt csak akkor rendelhetünk a referenciacsoporthoz, amennyiben: 1. A felszíntől számított 100 cm-en belül, 2. valamely szintben a földes rész  $\text{CaCO}_3$  - tartalma  $\geq 15\%$ , és 3. a másodlagos karbonát kiválás aránya  $\geq 5\%$ . A földes részben ennél kisebb karbonát tartalomnál a karbonátosság kifejezésére a „Protocalcic” minősítő alkalmazható, ha a másodlagos karbonát kiválás aránya  $\geq 5\%$ .

1. táblázat: Az állomás talajainak helyzete a WRB (2015) szerint

ID	genetikai típus	altípus/változat	WRB RSG	Principal qualifiers	Supplementary qualifiers
Pl 13	Réti csernozjom		Chernozem	Gleyic –	Siltic, Aric, Cambic
Pl 61	Réti csernozjom	mély humuszos rétegű, szolonyeces, mélyben sós	Chernozem	Amphiprotocalcic –	Loamic, Aric, Pachic, Bathyprotosalic, Protosodic
Pl 9	Réti csernozjom	közepes humuszos rétegű	Chernozem	Luvic – Calcic	Aric, Epiloamic, Endoclayic, Pachic
Pl 51	Szolonyeces réti talaj		Gleysol	Endocalcic – Oxygleyic – Chernic	Siltic, Protosodic
Pl 27	Réti szolonyec	szoloncsákos, kérges	Solonetz	Vertic – Mollic – Endosalic – Epistagnic – Endogleyic	Clayic, Hypernatric
Pl 16	Szolonyeces réti talaj	mélyben szolonyeces	Phaeozem	Luvic – Gleyic – Stagnic	Abruptic, Endoloamic, Epiclayic, Endoprotocalcic, Bathyprotosalic, Protovertic,
Pl 21	Réti csernozjom	közepes humuszos rétegű, mélyben karbonátos, mélyben sós	Gleysol	Chernic – Oxygleyic	Loamic, Protocalcic, Bathyreductic, Bathyprotosalic
Pl 15	Szolonyeces réti talaj	közepes humuszos rétegű	Gleysol	Protocalcic – Stagnic – Chernic	Clayic, Protosodic, Protovertic
Pl 17	Sztyepesedő réti szolonyec	mélyben karbonátos	Solonetz	Vertic – Protocalcic – Mollic – Gleyic	Clayic, Hypernatric
Pl 60	Szolonyeces réti talaj	közepes humuszos rétegű, mélyben szolonyeces	Gleysol	Endocalcic – Oxygleyic – Chernic	Clayic, Pachic, Bathysodic, Protovertic

## A NAIK ERTI Püspökladányi Állomás talajainak taxonómiai helyzete WRB 2015 szerint

---

A hazai osztályozásban alkalmazott „*felszíntől*”, „*felszínhez közel*”, illetve „*mélyben karbonátos*” jelleg kifejezésével párhuzamosan a WRB diagnosztikában az *Epi*-, *Endo*-, illetve *Bathy*- kiegészítő minősítők alkalmazhatók. Míg utóbbiak alkalmazása az összes referencia csoport esetén egységes, addig a hazai osztályozásban a karbonát tartalom vertikális eloszlásának diagnosztikai értéke talajtípustól függ.

A kicserélhető nátriumtartalom növekedését a hazai osztályozásban a „*szolonyeces*” változati vagy altípus tulajdonság fejezi ki, a nátriumosságot ugyanakkor a WRB-ben a „*Sodic*” vagy a „*Protosodic*” minősítő fejezi ki. Ezek határértéke a magyar osztályozásban  $\geq 5\%$  Na S% (*szolonyeces*), a WRB-ben  $\geq 6\%$  Na S% (*Protosodic*), és  $\geq 15\%$  Na+Mg S% (*Sodic*). Emellett a WRB-ben pontos mélységbeli határértékük van: 100 cm-en belül kell megjeleníteniük. A „*mélyben szolonyeces*” jelleg kifejezhető a „*Bathysodic*” vagy „*Bathyprotosodic*” minősítővel, de ezek határértéke szintén eltér: a WRB-ben pontos mélységbeli határértéke van, 100 cm alatt jelenik meg, míg a hazai osztályozás a C genetikai szinthez, és nem pontos mélységhez köti.

A vízben oldható só tartalom megnövekedését a hazai osztályozásban a „*szoloncsákos*” „*erősen szoloncsákos*” vagy „*mélyben sós*” változati és altípus tulajdonságok fejezik ki. A WRB-ben ugyanez kifejezhető a „*Salic*” vagy „*Protosalic*” minősítővel, de ennek határértéke nagyobb só tartalomnál van, mint a hazai szoloncsákos tulajdonságnak. 0,1 % összes só helyett a Protosalic minősítő feltétele, hogy az összes só  $\geq 0,22\%$  ( $K_A=55$  esetén); a *Salic* minősítő feltétele a  $\geq 0,43\%$  összes só, ( $K_A=55$  esetén). Mindkét minősítőre vonatkozóan pontos mélységbeli határérték van megadva: 100 cm felett kell megjeleníteniük. A mélyben sós, mélyben szoloncsákos jelleg kifejezhető a „*Bathysalic*” vagy „*Bathyprotosalic*” minősítővel, melyek szintén pontos mélységbeli határértékhez ( $\geq 100$  cm) kötöttek.

A helyszíni szelvényleírás során, illetve az abból származó adatok alapján adható további néhány WRB minősítőnek (*Luvic*, *Vertic*, *Protovertic*, *Gleyic*, *Stagnic*) a hazai genetikai osztályozásban nincsen megfelelője, azaz nincs olyan változati vagy altípus tulajdonság, amely ezeknek adekvát információt jelenítene meg.

Fontos megemlíteni, hogy a hazai osztályozásban egyes talajtulajdonságok taxonómiában megjelenő értékelése szintén talajtípustól függ (FUCHS et al., 2011). Míg egyes típusoknál ugyanaz a jelző altípusok elkülönítésére szolgál, addig más talajtípusoknál csak változatot jelöl. Pl. a réti csernozjomok esetében *szoloncsákos változatokat*, míg lápos réti talajok esetében *szoloncsákos altípust* különböztetünk meg (FÖLDVÁRI, 1966; NOVÁK, 2013; SZABARI et al., 2015). Az osztályozás egyértelműségét nehezíti, hogy a különböző hierarchiaszintű változat és altípus megjelölésére ugyanaz a kifejezés szolgál, ráadásul alkalmazásuk nem minden talajtípus esetén egységes.

### **2. táblázat: Néhány talajtulajdonság taxonómiai értékelésének követelményei a hazai osztályozásban alkalmazott változati és altípus tulajdonságok és a WRB osztályozásban alkalmazott minősítők esetében**

<p><b>mély humuszos rétegű</b>  &gt;1% humusz  &gt;40 cm vastagságban (savanyú feltalajú barna erdőtalajok, homokos textúrájú talajok, közethatású talajok)  &gt;60 cm vastagságban (barna erdőtalajok, öntéstalajok)  &gt;80 cm vastagságban (mezősegi, réti és lejtőhordalék talajok)  <b>közepes humuszos rétegű</b>  &gt;1% humusz  30-60 cm vastagság (barna erdőtalajok, öntéstalajok)  40-80 cm vastagság (mezősegi, réti és lejtőhordalék talajok)</p>	<p><b>Pachic</b>  mollic, vagy umbric szint (&gt;0,6 C<sub>org</sub> %), és  ≥50 cm vastag</p>
<p><b>karbonátos</b>  10% HCl oldattal megcseppentve pezseg (nincs mennyiségi követelmény)  <b>felszíntől karbonátos</b>  <b>felszínhez közel karbonátos</b>  0-50 cm között kezdődően (láptalajok)  20-40 cm között kezdődően (mezősegi talajok)  20-60 cm között kezdődően (más talajok)  <b>mélyben karbonátos</b>  &gt;50 cm mélyen kezdődően (láptalajok)  &gt;40 cm mélyen kezdődően (mezősegi talajok)  &gt;60 cm mélyen kezdődően (más talajok)</p>	<p><b>Calcic</b>  ≥15% CaCO<sub>3</sub> a földes részben  ≥5% (tf) másodlagos karbonátok  0-100 cm mélységben  <b>Protocalcic</b>  ≥5% (tf) másodlagos karbonátok  0-100 cm mélységbe  <b>Epi-</b>: 0-50 cm között  <b>Endo-</b>: 50-100 cm között  <b>Bathy-</b>: 100 cm-nél mélyebben</p>
<p><b>szolonyeces</b>  ≥5% NaS% a B szintben  <b>erősen szolonyeces</b>  ≥15% NaS% a B szintben  <b>mélyben szolonyeces</b>  ≥5% NaS% a C szintben (nincs pontos mélységre vonatkozó határ)</p>	<p><b>Sodic</b>  ≥6% NaS% és  ≥15% Na+Mg S%  0-100 cm mélységben  <b>Protosodic</b>  ≥6% NaS% és  0-100 cm mélységben  <b>Epi-</b>: 0-50 cm között  <b>Endo-</b>: 50-100 cm között  <b>Bathy-</b>: 100 cm-nél mélyebben</p>
<p><b>szoloncsákos</b>  &gt;0,2% sótartalom (láptalajokban)  &gt;0,1% sótartalom az A és/vagy B szintekben (más talajokban)  <b>erősen szoloncsákos</b>  &gt;0,4% sótartalom az A és/vagy B szintekben  <b>mélyben sós</b>  &gt;0,1% sótartalom a C szintben</p>	<p><b>Salic</b>  ≥15 dSm/m vezetőképesség a telítési kivonatban, vagy  ≥8 dSm/m vezetőképesség és ≥8,5 pH a telítési kivonatban  (≈ cca. 0,43 % sótartalom, K=55 esetén)  0-100 cm között  <b>Protosalic</b>  ≥4 dSm/m vezetőképesség a telítési kivonatban  (≈ cca. 0,22 % sótartalom, K=55 esetén)  <b>Epi-</b>: 0-50 cm között  <b>Endo-</b>: 50-100 cm között  <b>Bathy-</b>: 100 cm-nél mélyebben</p>

### **Összefoglalás**

Az állomás területének jellemző talajai esetében az archív adatokon alapuló utólagos WRB besorolást – az adatgyűjtés módszertanának eltérő volta (DOBOS et al., 2014; MICHÉLI et al., 2015), és a korrelációt nehezítő egyéb nehézségek mellett (MICHÉLI et al., 2006; MICHÉLI & KRASILNIKOV, 2009; FUCHS & MICHÉLI, 2015) – leginkább az alábbi adatok hiánya gátolja. 1. nem ismert a másodlagos karbonátok térfogatarányának mértéke; 2. nem ismert a szerkezeti elemek mérete; 3. nem ismert a pontos Munsell szín; 4. nem ismertek tarkázottság esetén Munsell-színek térfogat-arányai; 5. nincs információ a csúszási tükrökről, duzzadási-zsugorodási repedésekről. Ezeknek az információknak a hiánya nem csupán a minősítők megítélését teszi lehetetlenné, hanem gyakran a referencia csoport meghatározását (pl. Vertisol) is. Az ország WRB szerinti talajtérképének pontosításához ezért feltétlenül szükségesek a terepen WRB módszertan szerint felvett és osztályozott adatok.

### **Irodalomjegyzék**

BACSO, A. & LESZTÁKNÉ, J. (1960): Csernozjom-talaj tulajdonságainak megváltozása néhány erdőtípus alatt. *Agrokémia és Talajtan* 9 (1): 67.

BALOG, K. GRIBOVSZIKI, Z., SZABÓ, A., JOBBAGY, E., NOSETTO, M., KUTI, L., PÁSZTOR, L. & TÓTH, T. (2014): Alföldi telepített erdők hatása a felszín alatti sófelhalmozódásra sekély talajvizű területeken. *Agrokémia és Talajtan* 63 (2): 249-268.

BUDAY, GY. & SCHMIDT, E.R., (1938/A.): Magyarázatok Magyarország geológiai és talajismereti térképeihez, Karcag, 5066/3, 1:25 000, M. Kir. Földtani Intézet, Budapest, 55.

BUDAY, GY. & SCHMIDT, E.R., (1938/B.): Magyarázatok Magyarország geológiai és talajismereti térképeihez, Püspökladány, 5066/4, 1:25 000, M. Kir. Földtani Intézet, Budapest, 79.

DOBOS, E., VADNAI, P. BETÓTI, R.D., KOVÁCS, K., MICHÉLI, E., SZEGI, T., FULLAJTAR, E., PENIZEK, V. & SWITONIAK, M. (2014): Új WRB alapú validációs adatbázis és validációs módszertan Közép-Európara, ValiDat.DSM. *Agrokémia és Talajtan* 63 (2): 393-408.

EBERHARDT E. & WALTNER I. (2010): Finding a way trough the maze – WRB classification with descriptive data In: Gilkes JR, Prakongkep N (szerk.) *Soil Solutions for a Changing World: proceedings of the 19th World Congress of Soil Science* : 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. Konferencia helye, ideje: Brisbane, Ausztrália, 2010.08.01-2010.08.06. Brisbane: International Union of Soil Sciences, 2010. pp. 5-8. (ISBN:9780646537832)

FÖLDVÁRI GY. (1966): Magyarország genetikus talajtípusainak, altípusainak és változatainak szisztematikus jegyzéke In: Szabolcs I. (szerk.) 1966. A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve, Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, Budapest, 165-254.

FUCHS M., WALTNER I., SZEGI T., LÁNG V. & MICHÉLI E (2011): A hazai talajtípusok taxonómiai távolsága a képződésüket meghatározó folyamattársulások alapján, *Agrokémia és Talajtan* 60 (1): 33-44.

- FUCHS, M. & MICHÉLI, E. (2015): Javaslat a hazai genetikai talajszerkezet leírásának a FAO irányelveknek megfelelő módosítására. *Agrokémia és Talajtan* 64 (1): 273-285.
- IUSS Working Group WRB (2007): World Reference Base for Soil Resources 2006, World Soil Resources Reports, No. 103. FAO, Rome, 93. pp.
- IUSS Working Group WRB, (2014): World Reference Base for Soil Resources 2014, World Soil Resources Reports, No. 106. FAO, Rome, 181.pp.
- IUSS Working Group WRB, (2015): World Reference Base for Soil Resources 2015, World Soil Resources Reports, No. 106. FAO, Rome, 192. pp.
- JASSÓ, F. (1962) A püspökladányi Szikfásító Kísérleti Állomás talajviszonyai. *Agrokémia és Talajtan* 11 (1): 13-28.
- JASSÓ, F. (1972): A Kísérleti Állomás talajainak genetikai és dinamikai viszonyai és alaptulajdonságai. In: Tóth, B. (szerk.) 1972. Szikesek fásítása, Akadémiai Kiadó, Budapest, 55-73.
- KÁTAI, J. & NOVÁK T. J. (2010): A Hortobágy talajai, *Acta Biologica Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica* 24/1: 43-54.
- LESZTÁKNÉ, J. (1961): A szolonyec talajok fizikai tulajdonságai erdő alatt. *Agrokémia és Talajtan* 10 (4): 559-572.
- MICHÉLI E. (2011): A talajképző folyamatok megjelenése a diagnosztikai szemléletű talajosztályozásban, *Agrokémia és Talajtan* 60:(1) 17-32.
- MICHÉLI E., FUCHS M., HEGYMEGI P. & STEFANOVITS P. (2006): Classification of the Major Soils of Hungary and their Correlation with the World Reference Base for Soil Resources (WRB). *Agrokémia és Talajtan* 55 (1) 19-28. p.
- MICHÉLI E. & KRASILNIKOV P. (2009): The Hungarian Soil Classification System In: Arnold, R., Shoba, S., Krasilnikov, P., Marti, J. J. I. (2009): A handbook of soil terminology, correlation and classification, London, Earthscan, (ISBN: 978-84407-683-3) 171-176.
- MICHÉLI, E., FUCHS, M., LÁNG, V., SZEGI, T. & SZABÓNÉ KELE, G., (2014): Methods for modernizing the elements and structure of the Hungarian Soil Classification System. *Agrokémia és Talajtan* 63 (1): 69-78.
- MICHÉLI, E., FUCHS, M., LÁNG, V., SZEGI, T., DOBOS, E. & SZABÓNÉ KELE, G., (2015): Javaslat talajosztályozási rendszerünk megújítására: alapelvek, módszerek, alapegységek. *Agrokémia és Talajtan* 64 (1): 285-297.
- NOVÁK, T. J. (2013): Talajtani praktikum, Talajok terepi vizsgálata, leírása és osztályozása, Meridián Alapítvány, Debrecen, ISBN: 978-963-08-4044-6, 188.pp.
- NOVÁK, T. J. (2015): Hajdúszoboszló természeti adottságai és értékei. In: *Bihari-Horváth, L.* (szerk.) A Bocskai Múzeum Évkönyve II., Bocskai István Múzeum, Hajdúszoboszló, 372-402.
- RÁSÓ, J. & CSIHA, I. (2012): Talajnedvesség-változás dinamikája alföldi kocsányos tölgy erdőállomány lékes felújítása során. Tudományos eredmények a gyakorlatban. AEE Kutatói Nap Kiadvány, Püspökladány. pp. 65–68.



## **A NAIK ERTI Püspökladányi Állomás talajainak taxonómiai helyzete WRB 2015 szerint**

---

SZABARI, SZ., SZEGI, T., FUCHS, M., LÁNG, V. & MICHÉLI, E. A (2015): szikes talajok nemzetközi korrelációs problémái a megújított hazai talajosztályozás tükrében. A talajok térbeli változatossága – elméleti és gyakorlati vonatkozások. Talajtani vándorgyűlés – V. szekció, Talajosztályozás 199-210.

TÓTH B. (SZERK..) (1972): Szikesek fásítása, Akadémiai Kiadó, Budapest, 266.

VÁRALLYAY, GY. (1972): A Magyar Alföld szikes talajainak hidraulikus vezetőképessége. Agrokémia és Talajtan 21 (1-2): 57-81.



### Hidromorf talajok a karcagi katéna mentén

*Tuba Géza, Kovács Györgyi, Zsembeli József*

*Debreceni Egyetem AKIT Karcagi Kutatóintézet E-mail: [tuba@agr.unideb.hu](mailto:tuba@agr.unideb.hu)*

#### **Összefoglalás**

Karcag környékének taljai három főtípusba (csernozjom, szikes, réti) sorolhatók, ezek kialakulása szoros korrelációban van a tengerszint feletti magassággal, a hidromorf jelleg mértékével. A csernozjom talajok a magasabban, a szikes talajok az alacsonyabban fekvő területek löszhátain, míg a réti talajok a mélyebb fekvésű területeken találhatóak. Munkánk során három talajszelvényt tártunk fel különböző tengerszintfeletti magasságú területeken. A talajszelvényekből genetikai szintenként talajmintákat vettünk, valamint meghatároztuk a talajvíz mélységét és kémiai összetételét. Vizsgálatainkkal igazoltuk, hogy a lejtőn különböző talajtípusok sorozata (katéna) alakult ki, ami nem is elsősorban a tengerszint feletti magasságának, hanem a talajvíz mélységének, mozgásának, illetve sótartalmának függvénye. A talajsorozat-kialakulások törvényszerűségeinek ismerete nagymértékben gyorsítja a talajterképezési munkálatokat, jól magyarázza a területet jellemző mozaikos karaktert és segíti az egyes területek okszerű mezőgazdasági hasznosíthatóságát.

#### **Summary**

The soils of Karcag and its surroundings belong to three main soil types (chernozem, solonetz, meadow), their formation is in close correlation to the elevation and the degree of their hydromorphic character. The chernozem soils can be found in higher elevation, the solonetz soils in the transitional zone, while meadow soils in the areas with deeper positions. During our research work three soil profiles of different elevations were revealed. Soil samples were taken from each genetic horizon of the three profiles and the depth and chemical composition of the groundwater under each soil profile. We established that three different soil types were formed along the catena due to mainly the difference in the depth, fluctuation, and salt content of the groundwater. Knowledge of the laws of soil profiles sequence formation along a catena can make soil mapping faster, clearly explain the mosaic-like character of soil patterns of the region, and can help the rational agricultural use of such areas.

#### **Bevezetés**

Karcag a Nagyalföldön, a Közép-Tiszamente térségben, a Nagykunság kistérségben helyezkedik el, a Tisza folyótól keletre, a Kárpát-medence egyik legalacsonyabban fekvő területén. Jelenlegi felszíne arculatát, makro- és mezoformáit, a folyók építőmunkájának köszönheti. A talajok kialakulása során részben a szél, részben a víz által lerakott üledékekből jöttek létre az alapközetek. A medence jellegű terület feltöltődésekor magas agyagtartalmú üledékek lerakódása volt jellemző (DÖVÉNYI, 2010).

A kistérség taljai három főtípusba (csernozjom, szikes, réti) sorolhatók, ezek kialakulása szoros korrelációban van a tengerszint feletti magassággal, mivel ez a talajvíztükör

mélységének meghatározása révén a hidromorf jelleg mértékét is döntően befolyásolja. A csernozjom talajok a magasabban, a szikes (szolonyec) talajok az alacsonyabban fekvő területek löszhátain, míg a réti talajok az alacsonyabb fekvésű területeken találhatóak. A táj talajképző közeiben az agyag, a löszszerű képződmények és a homok különböző változatai vékonyabb vagy vastagabb rétegekben fordulnak elő. Eloszlásuk és váltakozásuk különösen a felszínhez közeli rétegekben nagy befolyást gyakorol a talajképződési folyamatokra és a kialakuló talajtípus tulajdonságaira is (STEFANOVITS, 1975). MÁTÉ (1955) Karcag környéki réti talajok elterjedési törvényszerűségeit vizsgálva megállapította, hogy a talajtípusok elterjedésének a domborzattal való összefüggésére akkor kapunk magyarázatot, ha tekintetbe vesszük a területnek a folyószabályozások, lecsapolások, belvízrendezések előtti hidrológiai viszonyait is.

A lösszel, löszszappal fedett térségeken, amelyek általában a térszín magasabb területeit foglalják el, csernozjom jellegű talajok, (túlnyomórészt réti csernozjomok, kisebb részt pedig alföldi mészlepedékes csernozjomok) találhatóak. Ezek szántóföldi művelésben vannak. A kistájnak közel 40 százalékát szikes talajok borítják, melyek a réti szolonyec és a sztyeppesedő réti szolonyec típus közt oszlanak meg. Ezek jobb, rendszerint javított változatain, valamint a mélyben sós és a szolonyeces réti talajokon régebben rizstelepeket létesítettek, amelyek ma nagyrészt elhagyott, vagy másként hasznosított területek. Karcag térségének talajtípusonkénti felosztását az 1. táblázat tartalmazza.

**1. táblázat: Karcag térségének talajtípusai**

Talajtípus	Réti csernozjom	Mélyben sós réti csernozjom	Réti szolonyec	Sztyeppesedő réti szolonyec	Szolonyeces réti	Mélyben sós réti
<b>Terület (ha)</b>	8400	2960	8072	3200	1440	9080
<b>Terület (%)</b>	25	9	25	10	4	27

A talajtani értelemben vett katéna olyan alapvető fogalom, mely azt mutatja be és magyarázza, hogy a lejtőn hogyan foglalják el egymás után helyüket a különböző talajtípusok, s ezek miként „folynak” át egymásba (KOVÁCS, 2011). MILNE (1936) írta le elsőként azokat az ismétlődő talajsorozatokat, amelyek a dombtetőtől a legközelebbi völgytalpig tartó lejtőn jelennek meg.

Vizsgálataink célja igazolni, hogy a lejtőn különböző talajtípusok sorozata (katéna) alakult ki. Feltárni ezen talajok és az alattuk található talajvíz tulajdonságait, a kapcsolatot a talajvíz mélysége és milyensége, valamint a kialakult talajtípus között.

### Anyag és módszer

Vizsgálataink helyszínéül a DE AKIT Karcagi Kutatóintézet juhászati telepe szolgált. A telep összes területe 200 ha, átlagos tengerszint feletti magassága 87 m.

A területet jelentős része a Tisza szabályozás előtt állandó, vagy időszakos vízborítás alatt állt, korábban kisebb vízfolyások, erek, közöttük a Pap-ér övezte. Ezek a vízfolyások mára kiszáradtak, azonban talajgenetikai hatásaik ma is kimutathatók.

## Hidromorf talajok a karcagi katéna mentén

---

A különböző talajtípusokon eltérő uralkodó növénytársulások telepedtek meg, különböző a hasznosításuk is. A legmagasabban fekvő, jobb adottságú, terület szántó hasznosítású, jelenleg lucernát termesztenek rajta. A mélyebb fekvésű területek feltétlen juhlegelőnek számítanak, ugyanis az itt kialakult fűvegetációt egyéb haszonállatok nem tudják hasznosítani (BLASKÓ, 2011).

Munkánk során három talajszelvényt tártunk fel különböző tengerszintfeletti magasságú területeken. A talajszelvényekből genetikai szintenként talajmintákat vettünk, valamint meghatároztuk a talajvíz mélységét és kémiai összetételét. Az egyes mintavételi helyek (szelvénygödrök) egymáshoz viszonyított magasságkülönbségét szintezőműszer segítségével határoztuk meg.

### Eredmények és értékelésük

#### *A talajszelvények bemutatása*

A három talajszelvényt az 1. ábrán mutatjuk be. A legmagasabb tengerszint feletti ponton, ami egy feltételezhetően elművelt kunhalom, lucernatáblában, **réti csernozjom** talajszelvényt tártunk fel. A helyszín koordinátái az EOVS alapján: 791793.61 és 217619.55. A genetikai szintek elhelyezkedése: 'A<sub>sz</sub>' szint: 0-32 cm, 'B' szint: 32-55 cm, 'BC' szint: 55-140 cm, 'C' szint: 140 cm –

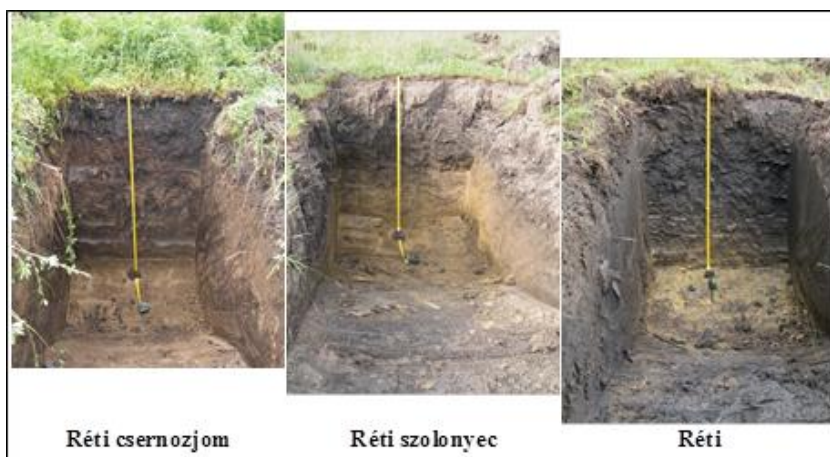
Az 'A' szint fekete színű, tömődött, prizmás szerkezetű, a felső 5 cm gyökerekkel erősen átszőtt, kiválások nem észlelhetők. A 'B' szintben még található gyökérzet, rozsdabarna színű, sósavval közepesen (2+) pezseg. A 'BC' szintben fokozatos átmenet figyelhető meg, sárga foltok jelennek meg a mészkiválások mellett, erős pezsgés észlelhető. 130 cm mélységben található a legelső gyökérzet. A 'C' szint sárga színű, (lössz) nedves, tömődött szerkezetű. Erős (4+) pezsgés figyelhető meg. A talajvíz megjelenési mélysége: 460 cm.

A **réti szolonyec** talaj szelvényét gyepterületen, extenzív juhlegelőn tártuk fel. Koordinátái az EOVS alapján: 791725.21 és 217737.70. A genetikai szintek elhelyezkedése: 'A' szint: 0-7 cm, 'B<sub>1</sub>' szint: 7-26 cm, 'B<sub>2</sub>' szint: 26-65 cm, 'C' szint: 65 cm alatt.

Az 'A' szint szürke színű, száraz, közepesen tömődött, leromlott szerkezetű, pezsgés nem mutatható ki. A 'B<sub>1</sub>' szint szárazon szürke színű, nedvesen sötétszürke, tömődött, hasábos szerkezetű, pezsgés nincs. A 'B<sub>2</sub>' szint fekete, nedves, tömődött, szemcsés szerkezetű. A 'C' szint sárgás színű, nedves, közepesen tömődött. Nagy számban figyelhetők meg mészkiválások, mészgöbcsék, ennek következtében erősen (4+) pezseg. A gyökérzet maximális mélysége 40 cm. A talajvíz megjelenési mélysége 250 cm.

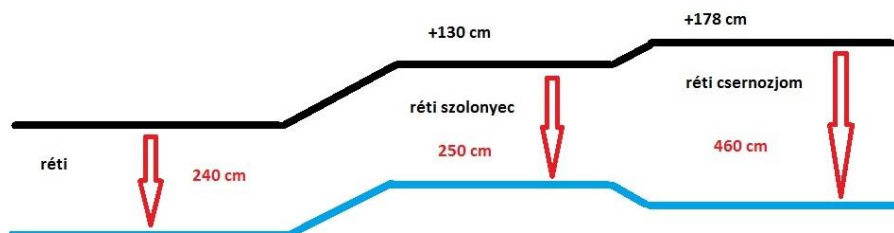
A **réti talajt**, elvárásainknak megfelelően a legmélyebb fekvésű, zombékos területen, a Pap Ere elnevezésű, egykori vízfolyás mentén, egy erdősáv közelében találtuk meg. A helyszín koordinátái az EOVS alapján: 792045.99 és 217794.88. A genetikai szintek elhelyezkedése: 'A' szint: 0-30 cm, 'B' szint: 30-125 cm, 'C' szint: 125 cm alatt.

Az 'A' sötétszürke, pezsgés nem észlelhető. 20 cm-nél gilisztajaratot találtunk. A 'B' szintben 32 cm mélységben mészgöbcsék, 35 és 90 cm között nagyszámú vasborsó található. Enyhe pezsgés figyelhető meg 90 cm-től. 170 cm alatt mészkődarabokra találtunk. Az egész talajszelvény nedves, tömődött. A talajvíz megjelenési mélysége 240 cm.



1. ábra: A feltárt talajszelvények

A feltárt talajszelvények egymástól 120, illetve 260 méter távolságra, háromszög alakban helyezkednek el. A legalacsonyabban fekvő réti talaj magasságát 0 értéknek vettük, és ehhez viszonyítottuk a másik két talajtípus mintavételi helyének magasságát. A réti szolonyec talaj a rétihez képest 130 cm-rel, míg a réti csernozjom talaj 178 cm-rel fekszik magasabban (2. ábra).



2. ábra: A talajszelvények és a talajvíz mélységének szintkülönbségei

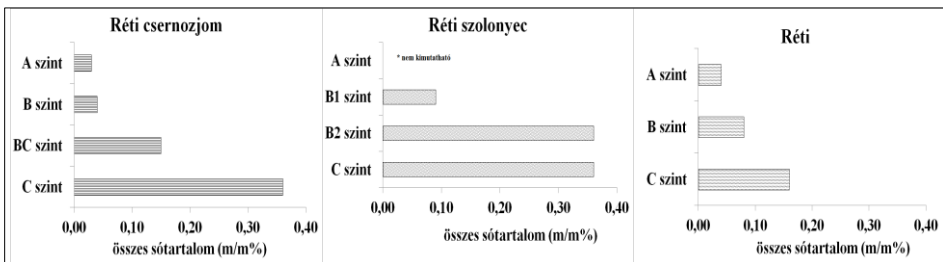
#### *A talajminták vizsgálati eredményei*

A talajszelvényekből genetikai szintenként vett talajmintákat a Kutatóintézet laboratóriumában vizsgáltuk meg a következő paraméterekre: kémhatás, kötöttség, sótartalom,  $\text{CaCO}_3$ , humuszanyag,  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Na, Mg, S- $\text{SO}_4$ , Zn, Cu, Mn, valamint kicserélhető Na, K, Ca, Mg-tartalom, mechanikai összetétel.

Mindhárom talajtípus talaja kötött, magas agyagtartalmú. A kötöttség legmagasabb értékét a réti szolonyec talaj 'BC' szintjében mértük, ahol kiemelkedően nagy az agyagtartalom. A  $\text{NO}_2 + \text{NO}_3\text{-N}$ -tartalom a réti talajban nem volt kimutatható, míg a másik két talajtípusban már a felszín közelében mérhető volt. A legjobb  $\text{P}_2\text{O}_5$  ellátottsággal a réti csernozjom rendelkezik. A réti szolonyec talajban TÓTH (2002) eredményeivel összehasonlítva, rendkívül magas kicserélhető Na-tartalom figyelhető meg ('B<sub>1</sub>' szint 2,34; 'B<sub>2</sub>' szint 8,09; 'C' szint 7,48 mg/100g), míg a másik két talajtípusban nem számottevő a mértéke.

## Hidromorf talajok a karcagi katéna mentén

Az 3. ábrán a talajok sótartalmának alakulását mutatjuk be szintenként, mert ebben vártuk és találtuk a legjelentősebb különbséget a talajtípusok között.

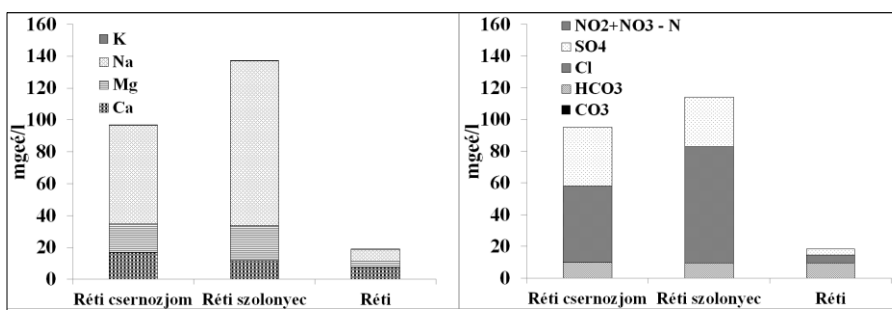


**3. ábra: A talajminták sótartalma genetikai szintenként**

Mindhárom talaj esetében a mélységgel növekvő sótartalom a jellemző, ami a mélyben sós jelleget mutatja. A várakozásnak megfelelően a szikesség mértéke a legkevésbé sós talajvízű réti talajon a legkisebb, míg a réti szolonyec talaj esetében a legmagasabb. Ez utóbbi esetében az oszlopos szerkezetű 'B<sub>1</sub>' szint alatt, a 'B<sub>2</sub>' szintben tapasztalható a sófelhalmozódás maximuma (0,36 m/m %).

### A talajvízminták vizsgálati eredményei

A szelvénygödörök alján fúróval a talajvíz szintjéig fűrtünk és megállapítottuk annak mélységét, majd mintát vettünk belőle. Meghatároztuk a talajvízminták kémhatását, elektromos vezetőképességét, Ca, Mg, Na, K, kation, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, anion, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalmát, valamint ezek kicserélhető formáit. Ezek közül jelentős mértékű volt a talajvízminták sótartalma, Na, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>-tartalma. A 4. ábrán a talajvizek kation és anion összetételét szemléltetjük.



**4. ábra: A talajvízminták vizsgálati eredményei**

A kationok összes mennyisége a réti csernozjom talajszelvény alatti talajvízben 96,5 mgé/l, a réti szolonyecnél 137 mgé/l, a réti talajnál 19 mgé/l. Összetételét tekintve legnagyobb arányban a nátrium fordul elő, ami a szikes jellegre utal.

Az anionok összes mennyisége a réti csernozjom szelvény alatti talajvízben 95 mgé/l, a réti szolonyecnél 114,1 mgé/l, a réti talajnál 18,2 mgé/l. Összetételét tekintve legnagyobb arányban a klorid-ion fordul elő, ami meglepő abban a tekintetben, hogy a szolonyec, illetve szolonyeces talajok a térségben szódás szikesek, azaz a karbonát és hidrokarbonát ionok túlsúlya jellemzi azokat.

### Következtetések

Megállapítottuk, hogy a karcagi katéna ugyan nem klasszikus lejtőmenti talajsorozat, de a Milne szerinti besorolás szerint abba a csoportba tartozik, amelyik olyan lejtőkön alakul ki, ahol a tetőtől a völgytalpig ugyanaz a talajképző kőzet, a felszín alatti vízmozgásokkal, az üledékek lejtőirányú mozgásával és a különböző anyagoknak a talaj felszínén és a felszín alatti kicserélődésével, átmozgatódásával alakul ki. A karcagi katéna vizsgált mintaterületein az egymástól 300 méter távolságra és 130 valamint 178 cm magasságbeli különbséggel feltárt három talajszelvény típusuk tipikus képviselői. Mindhárom talajtípus talaja kötött, magas agyagtartalmú. A szelvényekből gyűjtött talajminták elemzése után a következő paraméterekben találtunk különbséget:

A sótartalom, kicserélhető Na-tartalomhoz hasonlóan, a réti szolonyec talajban mutatott kimagasló értéket, míg a réti talajban volt a legalacsonyabb. A  $\text{CaCO}_3$ -tartalom csak a 'C' szintekben volt kimutatható, a legmagasabb értéket a réti csernozjom talajban mutatta. A réti szolonyec talajban rendkívül magas Na-tartalom figyelhető meg, míg a másik két talajtípusban nem számottevő a mértéke.

A talajvízminták sótartalma mindhárom esetben magas, a réti szolonyec talajból vett mintáé kiemelkedően magas volt. A kationok közül jelentős mértékben van jelen a Na, amelynek értéke szintén a réti szolonyec talajnál a legmagasabb. Ezenkívül meghatározó a Mg-tartalom, amely a réti szolonyec és réti csernozjom talajokból vett vízminták esetén volt jelen nagymértékben. Az anionok közül kimagasló értékeket mutat a Cl a talajvizekben. A  $\text{SO}_4$ -tartalom jelentős mértékű a réti csernozjom és réti szolonyec szelvények vízmintáiban, míg réti talajnál ez elenyésző.

A talajsorozatok vizsgálata nagymértékben gyorsítja a talajtérképezési munkákat. Jól reprezentálja az egymás mellett kialakult talajtípusok közötti összefüggéseket. Ezáltal képesek vagyunk nagy területek talajtani jellemzőit viszonylag kevés adatból megismerni.

### Irodalomjegyzék

- BLASKÓ L. (2011): A tiszántúli szikes talajok szántókénti és gyeppel történő hasznosítása. In: Farsang A. – Ladányi Zs. (szerk) Talajvédelem különszám. Talajvédelmi Alapítvány, Szeged. p.: 179-186.
- DÖVÉNYI Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. p.:171-176.
- KOVÁCS K. Z. (2011): A katéna. Földtani, domborzati adottságok és bizonyos talajtani jellemzők összefüggéseinek vizsgálata. A Miskolci Egyetem Közleményei, A sorozat, Bányászat, 82 . kötet p.:177-182.
- MÁTÉ F. (1955): Adatok tiszántúli réti talajaink genetikájához. Agrokémia és Talajtan. Tom.4 No. 2 p.: 133-146.
- MILNE, G. (1936): Normal erosion as a factor in soil profile development. Nature (138) p.:541-548.
- STEFANOVITS P. (1975): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p.: 279-289.
- TÓTH T. (2002): Szikes talajok tér- és időbeli változatossága. MTA Doktori értekezés, Budapest. p.:163-164.



### Eutrofizációs folyamatok csökkentésére irányuló vizsgálatok módosított bentonitokkal

*Buzetky Dóra, Kovács Eszter Mária, M. Nagy Noémi, Kónya József*

*Debreceni Egyetem, Fizikai Kémia Tanszék, Imre Lajos Izotóplaboratórium,  
4032 Debrecen Egyetem tér 1.*

#### Összefoglalás

Munkánk során környezetszennyező anyagok megkötődését vizsgáljuk módosított bentonitokon, hiszen a jól meghatározott tulajdonságai és szemcsemérettől független kationcserélő képessége különösen alkalmassá teszi a bentonitot a határfelületi folyamatok leírására, szorpciós jelenségek vizsgálatára.

La<sup>3+</sup>- ionnal módosított bentonitot használnak foszfátion megkötésére vizekből. A lantánnal módosított bentonit azonban elég drága, emiatt Ce<sup>3+</sup>-, Y<sup>3+</sup> és Fe<sup>3+</sup>- ionokkal módosított bentonitokat állítottunk elő és ezeken vizsgáltuk a foszfátion szorpcióját. A Fe<sup>3+</sup>-t és a Y<sup>3+</sup>-t az ára, míg a Ce<sup>3+</sup>-t pedig előfordulási gyakorisága miatt választottuk. Munkánk során arra a következtetésre jutottunk, hogy a lantán-, az yttrium- és a cérium-bentonit hasonló mennyiségű foszfátiont képes megkötni, míg a vas-bentonit csak fele annyi mennyiséget. A kapott eredmények alátámasztották, hogy a vizsgált módosított bentonitok alkalmasak az élővizekben kialakuló eutrofizációs folyamatok megelőzésére.

#### Summary

In our work the binding of pollutant ions on modified bentonites are investigated. Montmorillonite clay mineral can be used as a model substance in the study of the interfacial processes of rocks and soils

The La-modified bentonite can be used for removing phosphate ions, but it is quite expensive, so we repeated the experiments with cerium (III), yttrium(III) - and iron ions modified bentonite. The iron was chosen because of the price, and the cerium was chosen because its relative abundance in Nature. In our work we have concluded that the Y-bentonite, La- bentonite and Ce-bentonite can bind similar amount of phosphate ions, while iron-bentonite only half much phosphate as Y-,La-, and Ce-bentonite. These results show that modified clays could play an important role in the treatment of eutrophication processes in the aquatic environment.

#### Bevezetés

Az eutrofizáció során a természetes vizekben a tápanyag feldúsul és elszaporodnak az elsődleges termelő szervezetek - fitoplankton, hínár és más mocsári növények. A foszfát az egyik legnagyobb mennyiségben a természetbe kerülő tápanyag. A vizekbe jutva az egyik legkárosabb szennyező – a nitrát mellett –, melynek a vízi ökoszisztémák növényeinek növekedésében nagy szerepe van. A foszfát túlzott felszaporodása a természetes vizekben vízvirágzást okoz. A nagymértékű növényi burjánzás közvetve oxigénhiányt okoz a vízben, melynek egyenes következménye a magasabb rendű élőlények pusztulása. (SUTCLIFFE, 1992)

A bentonit az egyik legnagyobb mennyiségben, és legkülönbözőbb módokon felhasznált agyagkőzet. A jól meghatározott tulajdonságai és szemcsemérettől független kationcserélő képessége különösen alkalmassá teszi a bentonitot a határfelületi folyamatok leírására, szorpciós jelenségek vizsgálatára. (VAN OLPHEN, 1977) Mivel olcsó és könnyen hozzáférhető agyagkőzetről beszélünk, így a számos ipari célú felhasználás mellett egyre jobban teret hódít a környezetvédelmi irányultságú alkalmazása is. Nagyon jó szorpciós tulajdonságait alapul véve az utóbbi években kutatások témájává vált a különböző ionokkal módosított bentonitok szerkezetének, később ionmegkötő képességének vizsgálata (NAGY & KÓNYA, 2009). A vizsgálatok odáig vezettek, hogy ausztrál kutatók megalkottak egy olyan lantanionnal módosított bentonit terméket, a Phoslock-ot, mellyel csökkenthető az élővizekbe bekerült, oldott foszfátion koncentrációja. (HAGHSERESHT, 2009) Ezt alapul véve a bentonit felületét módosítottuk Y(III)-,La(III), Ce(III)-, Fe(III)-ionnal.

### Anyag és módszer

#### Ca-bentonit

A kalcium(II)-bentonit Istenmezejéről származik. (VÉGH, 1967). Összetétele röntgendiffrakciós meghatározás alapján: 71% montmorillonit, 12% krisztobalit+opál CT, 8% illit, 4% kvarc, 3% kaolinit, 2% kalcit. A légszáraz minta montmorillonit bázislaptávolsága (d001) 1,533 nm. Kicserélhető kationként kalciumionokat tartalmaz.

A kationcserélő- kapacitása a kétértékű kalciumionra nézve  $8,1 \cdot 10^{-4}$  mol/g (egyértékű ionhoz viszonyítva), ezt ammónium-acetátos módszerrel határoztuk meg (RICHARD, 1957).

#### Módosított bentonitok előállítása

A ritkaföldfém ionokat (RFF<sup>3+</sup>) tartalmazó oldatokat a Johnson, Matthey & Co. által gyártott analitikai tisztaságú oxidokból készítettük a következőképpen: a ritkaföldfém-oxidokat Scharlan gyártmányú analitikai tisztaságú tömény sósavban oldottuk fel, majd 80 °C hőmérsékletű vízfürdőn szárazra párlás után újra feloldottuk desztillált vízben. Az így képződött ritkaföldfém(III)-klorid oldatokhoz 1 mol/dm<sup>3</sup> nátrium-karbonát oldatot adva, csapadékot képeztünk. Az oldatból a ritkaföldfém-hidroxid csapadékot 0,45 mikrométer pórusméretű Sartorius típusú cellulóz-nitrát membránszűrőn szűrtük. A csapadékot szobahőmérsékleten való kiszáradása után 0,3 mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú perklorosav-oldattal oldottuk fel. Analitikai pontossággal kimértünk 3\*50g kalcium-bentonitot, majd három főzőpohárba helyeztük. Ezekre vittük fel a három  $\sim 1 \cdot 10^{-2}$  mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú yttrium(III)-, lantán(III)-, cérium(III)-perklorát oldatok 300 cm<sup>3</sup>-ét, majd ezt kiegészítettük 200 cm<sup>3</sup> desztillált vízzel. Ezután 5 órán keresztül kevertettük. Majd a bentonitot szűrtük 0,45 µm pórusméretű cellulóz-nitrát szűrőlapon. A szűrőlapon fennlévő bentonitot visszahelyeztük a főzőpohárba. Ezt a műveleti sort még kétszer megismételtük. A harmadik cserét követően légszárazra szárítottuk és achát mozsárban púder finomságúra porítottuk.

A vas(III)-bentonit előállításához analitikai tisztaságú Alpha Aesar gyártmányú FeCl<sub>3</sub>-ot, Molar Chemicals Kft. által gyártott (analitikai tisztaságú) acetonban oldottunk, majd ekvivalens mennyiségű istenmezei Ca-bentonittal (kalcium- és vas(III)-ionokra vonatkoztatva) 24 óráig mágneses keverővel kevertük, majd acetonnal mostuk, levegőn szobahőmérsékleten szárítottuk. (TONG-SHUANG, 1988)

## Eutrofizációs folyamatok csökkentésére irányuló vizsgálatok módosított bentonitokkal

---

### Röntgen- fluoreszcencia spektroszkópia (XRF)

A ritkaföldfém(III)-bentonitok elemanalízisét energiadiszipatív röntgen-fluoreszcencia spektroszkópia segítségével határoztunk meg (TERITIAN, et al. 1982).

A műszer paraméterei a következők: Si(Li) detector (Atomki, Debrecen, Magyarország), Canberra DSA 1000 digitális spektrum analízátor (Canberra Industries, USA), Canberra Genie 2000 3.0 spektroszkópia software (Canberra Industries, USA).

A szorpciós mintákat a XRF mérésekhez úgy készítettük elő, hogy az egyensúlyi viszonyokat tükröző, vizes fázistól elválasztott bentonitokat szobahőmérsékleten szárítottuk súlyállandóságig, achátmoszársban eldörzsöltük, tömegeit analitikai mérlegen (150- 200 mg) mértük, majd pasztillává préseltük.

### Pásztázó elektronmikroszkópos mérések

A SEM (pásztázó elektronmikroszkóp) méréshez a mintákat körülbelül 80-100 nm vastag arany (Au) réteggel fedtük be, ami katódporlasztással ment végbe. Ez azért volt szükséges, mert a pásztázó elektronmikroszkóppal csak vezető minták vizsgálhatóak (REIMER 1973, PFEFFERKORN 1985).

A mintákat a Hitachi S4300 CFE típusú téremissziós mikroszkóppal 15,0 kV gyorsítófeszültséggel mértük. A detektálást BRUKER gyártmányú, Quantax XFlash 4 típusú SSD (Silicon Drift Detector) energiadiszipatív röntgendetektorral végeztük.

### Foszfátion megkötése módosított bentonitokon

A ritkaföldfém (RFF)-bentonit felületén végbemenő foszfátion szorpciót vizsgáltuk. A szorpciós vizsgálatok előtt az optimális szilárd anyag/oldat arány meghatározásához Kroeker-izotermát készítettünk. A  $\text{PO}_4^{3-}$  megoszlásának meghatározásához a szorpció során 70-90% körüli megkötődést kell elérni, ebből a célból azonos oldat térfogat mellett vizsgáltuk a szorbens tömeg növelésének hatását a megkötődés arányára. Innen következtettünk a 100 mg tömegre. Megvizsgáltuk a foszfátion szorpciójának kinetikáját a módosított bentonitokon (2.4.1. rész), majd felvettük az izotermát különböző hőmérsékleteken (2.4.2. rész).

### A foszfátion szorpciójának kinetikája módosított bentonitokon

100 mg módosított bentonitra  $20 \text{ cm}^3$   $5 \times 10^{-4} \text{ M}$   $\text{KH}_2\text{PO}_4$  oldatot pipettáztunk. Az így előkészített mintákat Bühler KS15A körkörös rázógépen 10, 30, 60, 90, 120, 180, 240, 300 percig ráztattuk, és  $0,45 \mu\text{m}$  pórusméretű szűrővel szűrtük. Az oldatból egy  $5 \text{ cm}^3$ -es mérőlombikba  $0,5 \text{ cm}^3$  mintát és  $2,5 \text{ cm}^3$  foszfát reagenst (összetétel:  $610 \text{ cm}^3$  desztillált víz+ $144 \text{ cm}^3$  98 m/m% kénsav+ $10 \text{ g}$  amidoszulfonsav+ $12,5$  ammónium-molibdát+ $0,235 \text{ g}$  antimon(III)-klorid+ $0,6 \text{ g}$  borkősav) mértünk, melyet  $5 \text{ cm}^3$ -re egészítettük ki desztillált vízzel. A mintákat 20 perc állás után  $660 \text{ nm}$  hullámhosszon Agilent márkájú Cary 100 UV-Vis spektrofotométeren mértük.

Az alkalmazott elsőrendű kinetikai modell egyenlete (1.):

$$A = A_e \cdot (1 - (\text{EXP}(-k \cdot t))) \quad (1.)$$

Az egyenletben

$t$  az idő,  $A$  a módosított bentonit foszfát koncentrációja,  $A_e$  értéke a maximálisan megkötött foszfátmennyiség az egyensúlyi állapotban,  $k$  az elsőrendű sebességi állandó.

A kinetikát a Scientist nevű szoftver segítségével értékeltük. Kiszámítottuk a  $k$  és az  $A_e$  értékét.

Ezek után meghatároztuk az Arrhenius egyenlet (2. egyenlet) segítségével az aktiválási energiát:

$$\ln(k) = \ln(k_o) - \frac{E_a}{RT} \quad (2.)$$

$k$  -reakciósebességi állandó

$T$ - hőmérséklet

$E_a$  - aktiválási energia

$R$ -egyetemes gázállandó

$k_o$ - preexponenciális faktor

Szorpciós izotermák a módosított bentonitokon

100 mg módosított bentonitra 20 cm<sup>3</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> oldatot (0,005-0,0005 mol/dm<sup>3</sup>-ig) pipettáztunk, majd. Bühler KS15A körkörös rázógépen 1h rázattuk, és 0,45 μm pórusméretű szűrővel szűrtük, majd a 2.4.1 részben leírtak szerint mértük a foszfát koncentrációt.

Az izotermákból meghatároztuk az aktív helyek számát, illetve a bentonit-fémion- foszfát komplex oldékonyságát, amely alatt a kötési energia reciprokát értjük a 3. egyenlet alapján:

$$\frac{c_e}{a_e} = \frac{c_e}{z} + \frac{1}{zK} \quad (3.)$$

ahol:

$a_e$  a megkötött foszfátmennyisége az egyensúlyi állapotban (mol/g),  $c_e$  az egyensúlyi koncentráció (mg/l),  $z$  az aktív helyek száma (mg/g) és  $K$  az oldékonyság (mol/dm<sup>3</sup>).

### Eredmények és értékelésük

Módosított bentonitokon megkötött RFF<sup>3+</sup> mennyiségének meghatározása röntgen-fluoreszcencia spektroszkópiával

Az 1. táblázatban láthatjuk a RFF<sup>3+</sup>-ionok koncentrációját a bentoniton, illetve a RFF<sup>3+</sup>-ionok megkötődésének és a kationcsere kapacitás (CEC) hányadának a százalékban kifejezett értékét. Az eredmények alapján láthatjuk, hogy a RFF<sup>3+</sup> és a Fe<sup>3+</sup> esetében egyaránt nagyobb a megkötött ionok mennyisége, mint a Ca-bentonit cserekapacitása, ami háromértékű ionra 2,7\*10<sup>-4</sup> mol/ g.

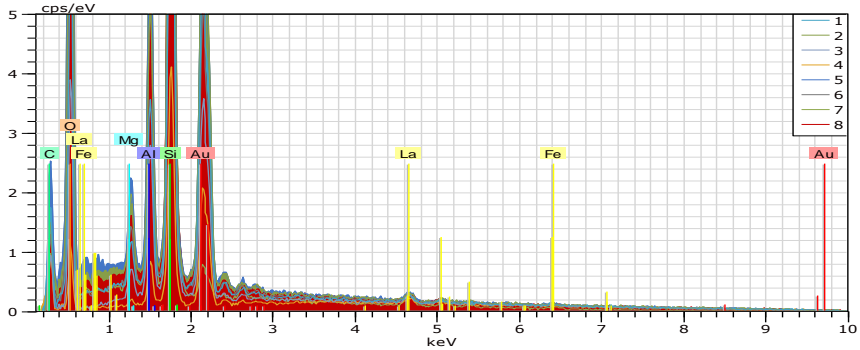
**1.táblázat: Bentoniton megkötött ritkaföldfémionok mennyisége**

	c [mol/g]	CEC%
<b>La-bentonit</b>	<b>3,50E-04</b>	<b>130</b>
<b>Ce-bentonit</b>	<b>2,92E-04</b>	<b>108</b>
<b>Y-bentonit</b>	<b>3,50E-04</b>	<b>130</b>
<b>Fe-bentonit</b>	<b>4,85E-04</b>	<b>179</b>

# Eutrofizációs folyamatok csökkentésére irányuló vizsgálatok módosított bentonitokkal

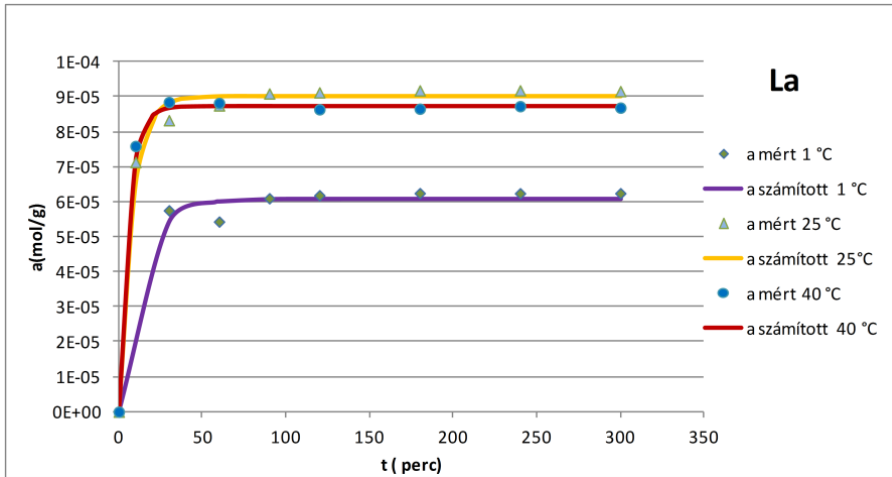
Módosított bentonitokon megkötött RFF<sup>3+</sup> mennyiségének meghatározása pásztázó elektronmikroszkóp méréssel

Az 1. ábrán látjuk, hogy kalcium-vonalak egyáltalán nincsenek a La-bentonitban, viszont megjelenik a La-csúcs, amiből arra következtethetünk, hogy a kationcsere végbement a háromértékű lantanion és a kétértékű kalciumion között. A többi módosított bentonit esetében is hasonló spektrumokat kaptunk.

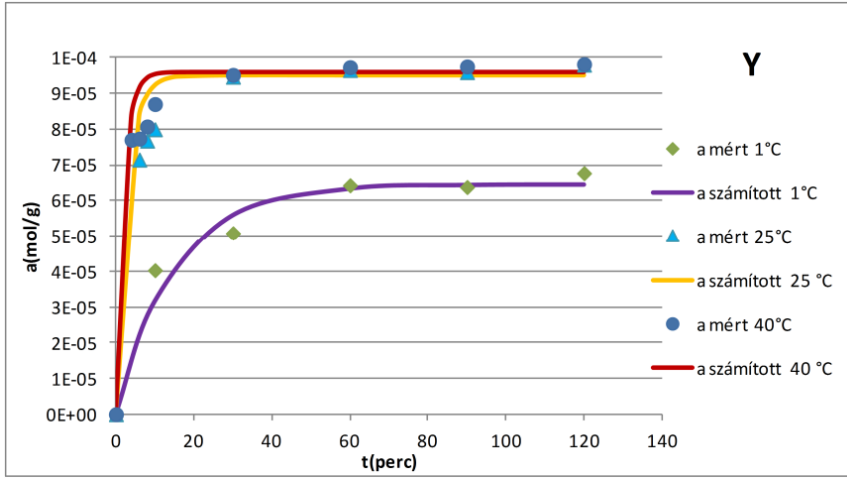


1. ábra: A La-bentonit SEM spektruma

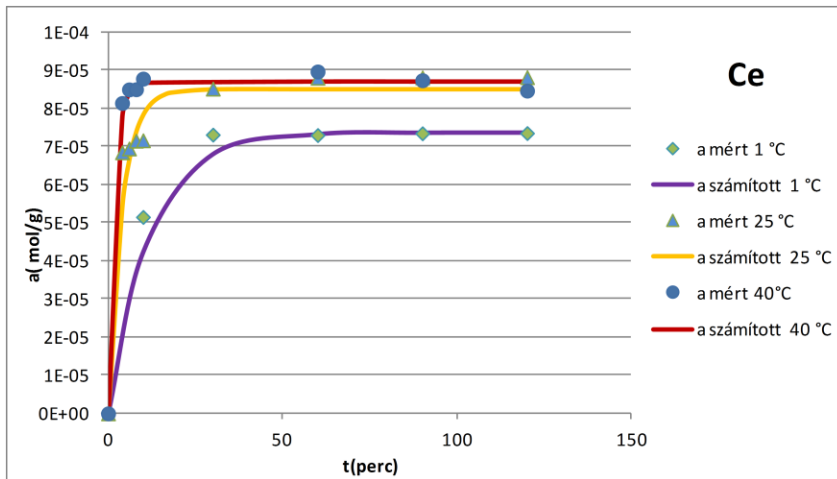
A foszfátion szorpciójának kinetikája módosított bentonitokon



2. ábra: Foszfát szorpció La-bentoniton, 100 mg bentonit, 20 cm<sup>3</sup> 5x10<sup>-4</sup> mol/dm<sup>3</sup>KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH: 4.4- 5.2

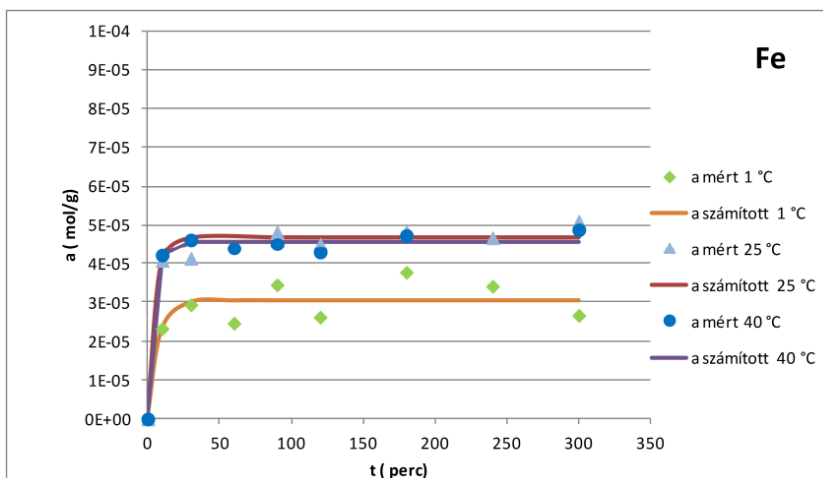


3. ábra Foszfát szorpció Y-bentoniton, 100 mg bentonit  $20 \text{ cm}^3 5 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , pH 4.1-5



4. ábra: Foszfát szorpció Ce-bentoniton, 100 mg bentonit,  $20 \text{ cm}^3 5 \times 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , pH 6.1-8

## Eutrofizációs folyamatok csökkentésére irányuló vizsgálatok módosított bentonitokkal



5. ábra: Foszfát szorpció Fe-bentoniton, 100 mg bentonit 20 cm<sup>3</sup>, 5x10<sup>-4</sup> mol/dm<sup>3</sup>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH 3.2-3.5

A 2-5. ábrákon a foszfát szorpció kinetikáját mutatjuk be a módosított bentonitokon. A foszfát szorpció kb. 1h-nál éri el az egyensúlyt.

A La-bentonit aktiválási energiája jól korrelált a szakirodalmi adatokkal (HAGHSERESHT, 2009), ahol az E<sub>a</sub> értéke 27 kJ/mol. Az aktiválási energia a RFF-bentonitok esetében hasonló (22-37 kJ/mol) volt, míg a vas(III)-bentonitnál csak 10 kJ/mol. (2. táblázat)

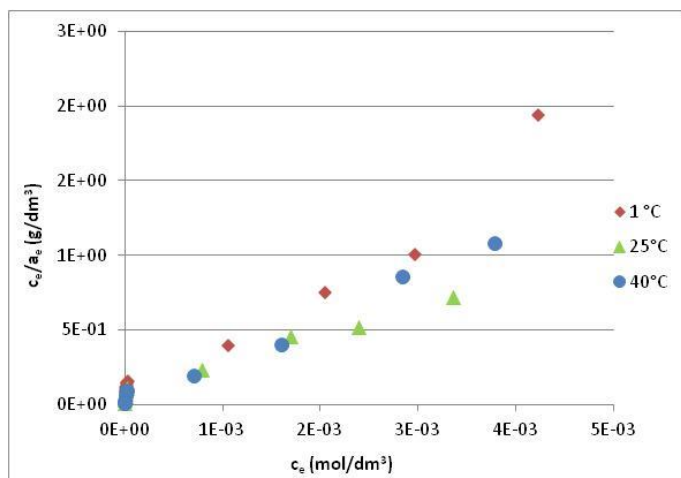
2. táblázat: Aktiválási energia értékek a négy módosított bentonit esetében

	La-bentonit	Ce-bentonit	Y-bentonit	Fe-bentonit
E <sub>a</sub> (kJ/mol)	22	27	37	10

### Szorpciós izotermák a módosított bentonitokon

A 6. ábrán ábrázoltuk az Y-bentonit esetében kapott izotermát. A RFF-bentonitok közel hasonló mennyiségű foszfátot kötnek meg, míg a vas(III)-bentonit csak kb. fele annyi mennyiséget.

Az eredményeket a 3. táblázat mutatja be. A RFF-bentonitok esetében az aktív helyek száma közel azonosnak adódott, mint ahogy a megkötött foszfátionok mennyisége is. Az aktív helyek száma 1 °C-on a legmagasabb, ezen a hőmérsékleten a foszfát ionok mennyisége (3. táblázat) jó egyezést mutat a módosított bentonitok ritkaföldfém koncentrációjával (1. táblázat), bizonyítva a RFFPO<sub>4</sub> felületi kicsapódás folyamatát. Az oldékonyság a hőmérséklet növekedésével csökken (3. táblázat), amely exoterm felületi kicsapódásra utal.



**6. ábra: 1 °C, 25 °C és 40 °C- os izoterma Y-bentoniton  
20 cm<sup>3</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH 4.2-5**

A vas(III)-bentonit esetében endoterm felületi kicsapódásról beszélünk az oldékonyság hőmérséklet-függése alapján. Korábbi vizsgálataink feltárták, hogy a rétegek között a bentoniton szorbeált vas(III) ionok vas-oxid-hidroxidokat képeznek (KOMLÓSI, 2007), tehát a foszfátmegkötődés mechanizmusa különbözik a RFF-bentonitoktól. Ezen túlmenően a szorbeált vas mennyisége meghaladja a kationcserélő kapacitást, ami arra utal, hogy vas-oxid-hidroxidok a külső felületeken is jelen lehetnek.

**3. táblázat: Az aktív helyek száma (mol/g) és az oldékonyság (mol/dm<sup>3</sup>) összefoglaló táblázata a módosított bentonitok esetében különböző hőmérsékleteken (0 °C, 25 °C és 40 °C)**

T (°C)	La-bentonit		Ce-bentonit		Y-bentonit		Fe-bentonit	
	Aktív helyek száma (mol/g)	Oldékonyság (mol/dm <sup>3</sup> )	Aktív helyek száma (mol/g)	Oldékonyság (mol/dm <sup>3</sup> )	Aktív helyek száma (mol/g)	Oldékonyság (mol/dm <sup>3</sup> )	Aktív helyek száma (mol/g)	Oldékonyság (mol/dm <sup>3</sup> )
1	2,68E-04	1,73E-05	4,35E-04	4,65E-05	3,81E-04	3,01E-05	1,77E-03	3,54E-04
25	2,02E-04	1,55E-06	1,99E-04	2,25E-06	2,12E-04	2,97E-06	1,68E-03	3,40E-04
40	2,42E-04	4,94E-06	1,9E-04	1,67E-06	2,03E-04	1,62E-06	4,41E-03	6,75E-05



## **Eutrofizációs folyamatok csökkentésére irányuló vizsgálatok módosított bentonitokkal**

---

### **Következtetések**

Sikeresen előállítottuk a RFF- és Fe- bentonitokat. A bentonitban megkötött RFF- és Fe(III)-ionok koncentrációját XRF és SEM módszerekkel mértük. A módosított bentonitokat foszfátion megkötésére használtuk fel. A lantán-, az yttrium- és a cérium-bentonit hasonló mennyiségű foszfátiont képes megkötni, míg a vas(III)-bentonit csak fele annyi mennyiséget. Az aktív helyek száma a vas(III)-bentonitban viszont magasabb, mint a RFF-bentonitokban. Ezt az ellentmondást feloldhatjuk, ha figyelembe vesszük, hogy a bentonit-foszfát-vas(III)-komplex magas oldékonysága bizonyos mértékig gátolja a foszfát szorpcióját. A hőmérséklet növekedésével az oldékonyság csökken a módosított bentonitok esetén. A foszfátion megkötődik a rétegek közötti térben RFFPO<sub>4</sub> formájában. Ebben az esetben exoterm felületi kicsapódásról beszélünk. Míg a vas(III)-bentonit esetében ez a folyamat endoterm.

A kapott eredmények alátámasztották, hogy a vizsgált módosított bentonitok alkalmasak az élővizekben a foszfátkoncentráció csökkentésére. A Ce-bentonit előállítása 2,5-szer, a Fe-bentonit pedig 25-ször olcsóbb, mint a La-bentonit előállítása, így ezek használata egy gazdaságosabb megoldást biztosít.

### **Köszönetnyilvánítás**

A kutatás a GINOP-2.3.2-15-2016-00008 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósult meg.

A Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalnak is (NKFIH K 120265) szeretnénk köszönetet mondani.

A SEM mérésekért a Debreceni Egyetem Fizikai Intézet Szilárdtest Fizika Tanszékének szeretnénk köszönetet mondani.

### **5.Irodalomjegyzék**

HAGHSERESHT, F., WANG, S. & DO, D.D. (2009): A novel lanthanum-modified bentonite, Phoslock, for phosphate removal from wastewaters. *Applied Clay Science*. 46. évf. p. 369–375

KOMLÓSI, A., KUZMANN, E., NAGY, N.M., HOMONNAY, Z., KUBUKI, S. & KÓNYA, J. (2007): Interlayer incorporation of iron into Na-bentonite via treatment with FeCl<sub>3</sub> in acetone. *Clays and Clay Minerals*. 55 évf. p. 91-97.

NAGY, N.M & KÓNYA, J. (2009): *Interfacial Chemistry of Rocks and Soils*. CRC Press, Taylor and Francis Group, New York, USA, chapter 2, pp 83-117

REIMER, L. & PFEFFERKORN, G. (1973,1985): *Raster elektronmikroszkopie*, Springer, Berlin

RICHARDS L. A. (1954): *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. US dept. agr. handbook Vol. 60

SUTCLIFFE, D.W. & JONES, J.G., (1992): *Eutrophication Research and Application to Water Supply*. Freshwater Biological Association Ambleside, London, UK. p. 4–29

TERITIAN, R. & CLAISSE, F. (1982): Principles of Quantitative X-Ray Fluorescence Analysis. Heyden&Son Ltd. Part1 Chapter 1, p.3-4., Part2 Chapter 4-5, p.51-83., Part3 Chapter 8, p.118-120.

TONG-SHUANG, L., ZHAN-HUI, Z. & YONG-JIAN, G. (1998): A rapid preparation of acylals of aldehydes catalysed by  $\text{Fe}^{3+}$ -montmorillonite. Synthetic Communications, 28.évf. (24) p. 4665-4671

VAN OLPHEN, H. (1977): An Introduction to Clay Colloid Chemistry, John Wiley and Sons, USA

VÉGH S. (1967): Nemércek földtana. Tankönyv kiadó Budapest. p.143-144.

### **Biomassza hamu alkalmazhatóságának vizsgálata talajsavanyúság javítására**

*Czinkota Imre, Fekete György, Gulyás Miklós, Tolner László, Sebők András, Köles Péter*

*Szent István Egyetem, Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar, Környezettudományi intézet, Talajtani és Agrokémiai Tanszék  
E-mail: [imre.czinkota@gmail.com](mailto:imre.czinkota@gmail.com)*

#### **Összefoglalás**

A savanyú talajok javítására régóta alkalmazott módszer a meszezés, mely apró szemcsés  $\text{CaCO}_3$ -ot alkalmaz. A karbonátos reakciók eredményeként a talajban kalcium ionok dúsulnak fel a hidrogén ionok helyett és gáz állapotú szén-dioxid keletkezik, mely ásványi eredetű mészke használata esetén az üvegházhatást erősíti. Abban az esetben, ha erre a célra, - az energiatermelés melléktermékeként mindenképpen keletkező - hamut használjuk, egyrészt növelhetjük a talaj kálium és foszfor tartalmát, másrészt nem kerül további szén-dioxid a levegőbe, mivel az égés során keletkező fém (Ca, K, Na, Mg...)-oxidokból a levegő szén dioxidjának megkötésével képződnek karbonátok. Kísérleteinkben megvizsgáltuk a hamu lúgosságát különböző vizes kioldások esetében. Az eredmények alapján kiszámítottuk a savanyúság csökkentő hatást. Vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy mind a hamu, mind extraktumai a megfelelő, általunk megállapított technológiai megoldások betartásával alkalmasak a talaj savanyúságának csökkentésére és a talaj kálium szolgáltatásának növelésére.

#### **Summary**

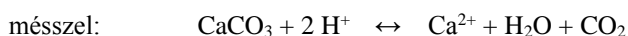
The liming - the process of decreasing the soil acidity, by  $\text{CaCO}_3$  - is classic method used by soil remediation. In our experiments, we used small lime particle which slowly dissolved by soil solution, then reacting with hydrogen ions. As the result of this reaction some carbon dioxide gas is produced, that mixes with the gases in the atmosphere, and increase the green house effect. There are at least two advantages for use some biomass ash to decrease of soil acidity instead of lime. First of all, the usage of the alkali components of biomass, - the produced carbon dioxide ash - is originated from the atmosphere by photosynthesis or chemical reactions, while the lime originated carbon dioxide is originated from fossil sources. Second of all, the advantages of ash treatment is the chemical composition of biomass ash, which is containing almost all macro and micro nutrient element in almost equal composition as the plant require them except the nitrogen, unfortunately. In our experiments, we investigated the alkali properties of biomass ash in different water - ash composition solution. Then we calculated the equal amount of ash and lime. After the soil liming experiment, we measured the kinetics of neutralizing effect of lime and ash. Based on our result the parameters of ash neutralizing method can be calculated and the strong initial alkali effect of ash can be treated.

#### **Bevezetés**

Az írásbeliség kezdete előtt is köztudott volt, hogy a fa- illetve egyéb növényi termékek hamuja jelentős mennyiségben tartalmaz lúgos összetevőket, ezért előszeretettel

használták olyan feladatokra, ahol valamit lúgosítani, vagy savasságát csökkenteni kellett. Ilyen például a szappanfőzés, vagy mosás. A szerves anyagok égésekor a biomassza ásványi anyag tartalma, a nitrogén és kén kivételével, melyek az atmoszférába távoznak gáz formájában, oxidok formájában visszamarad a hamuban, ilyen pl. CaO, K<sub>2</sub>O, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CuO, ZnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>. A különböző magas hőmérsékleten (500-1000 °C) stabil oxidok a lehűlés közben reagálnak a levegő széndioxid tartalmával és részben, vagy egészben karbonátokká alakulnak. Az erős bázisképző alkáli és alkáli földfém karbonátok vizes oldásuk során lúgosan hidrolizálnak, innen ered az ősi felismerés – a hamu lúgos. Ez a hidrolitikus lúgosság a szénsavas mész, CaCO<sub>3</sub> esetében nem észlelhető, mivel vizes oldhatósága nagyon kicsi. Ez rögtön egy alapvető különbség a hamu és mész, mint talaj adalék használhatósága között. A hamu túladagolásával, legalábbis átmenetileg, káros mértékben is tudjuk lúgosítani talajainkat, míg szénsavas mész tetszőleges túladagolása esetén sem emelkedik a talaj pH értéke 8-9 fölé.

A talaj savanyúsának csökkenése az alábbi reakció szerint megy végbe:



A hamuzsíros reakcióhoz hasonló játszódik le az összes hamuban található alkáli és alkálifém karbonáttal.

Látható, hogy a széndioxid keletkezése természetes velejárója a talaj savanyúság csökkentésének. Az alapvető különbség a kétféle savanyúság csökkentő anyag között, hogy a valahonnan kibányászott fosszilis mészkő, valamely régmúlt kor légköréből kivont széndioxidot juttatja légkörbe, míg a hamu esetében a közelmúltban (akár néhány nappal előző égetéskor) kivont széndioxid jut vissza a légkörbe. Ebből következik, hogy mérleget vonva az üvegházhatás szempontjából a meszezés egyértelműen növeli a légkör széndioxid koncentrációját, míg a hamu alkalmazása nem befolyásolja azt.

A szakirodalom számos kutatásról számol be, amikor valamilyen biomassza hamut alkalmaznak a talajon savanyúság csökkentő, vagy tápanyagtartalom növelő céllal. DEMEYER et al., (2001) összefoglaló munkájában elemzi a fahamu összetételét, és alkalmazhatóságát a talaj savasságának csökkentésében. Külön kiemeli a hamu alkalmazásának alumínium és mangán toxicitás csökkentésében. Érdekes adalékként megemlíti, hogy erdei környezetben nem jelent nagy hátrányt a hamu nitrogénhiánya, ugyanis ez a tápelem a légköri ülepedéssel jelentős mértékben pótlódik. Számos szerző kiemeli, hogy a savanyúság csökkentése mellett a növények foszfor Ca, K és Mg tartalma szignifikánsan növekedett a hamu kezelés hatására (ETIEGNI et al., 1991; CLAPHAM & ZIBILSKA, 1992; KREJSL & SCANLON, 1996; VANCE, 1996).

OHNO és munkatársai több cikkben foglalkoztak a szénsavas mész és hamu egyenértékűségének vizsgálatával, leírják az inkubációs vizsgálatot, mint alkalmas módszert az ekvivalencia megállapítására, megállapítják, hogy jelentős mértékű a hamu pozitív hatása a növények foszfor, kálium és magnézium felvételére, azonban tényleges matematikai modellekkel nem dolgoztak a savanyúság csökkentés és tápanyagtartalom növekedés vizsgálatokor. OHNO & ERICH (1990); OHNO (1992); OHNO & ERICH (1993) és HUANG et al., (1992) szabadföldi kísérletekkel igazolták a hamu kedvező hatását a talaj savanyúságára és tápanyag szolgáltató képességére.

Jelen tanulmány a hamu – talaj kölcsönhatás talajkémiai és kinetikai vizsgálatát tűzi ki célul, hogy az egyes részfolyamatok és a folyamatok időbeli lefolyásának megismerése

## **Biomassza hamu alkalmazhatóságának vizsgálata talajsavanyúság javítására**

alapján tudatosan, az esetleges károkozást kikerülve tudjuk használni a biomassza hamut, mint talaj savanyúság csökkentő és ezzel egy időben tápanyag szolgáltatást növelő adalékként.

### **Anyag és módszer**

Kísérleteink során csertölggy tűzifa hamuját használtuk, melyet a 0,5 mm-es szitán átszitáltuk, majd a szitán áthullott frakciót keveréssel homogenizáltuk.  $\text{CaCO}_3$  forrásként 96 %-os 0,5 mm-es szitán áthulló mészkő őrleményt használtunk.

A kísérletekhez szükséges talajminták a SZIE Szárítópusztai Növénytermesztési Tanüzemének területéről származnak, a savanyítás csökkentési kísérlethez az enyhén savanyú legfelső (Ap) szintet használtuk. Talajtípusa: *homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj (Luvic Calcic Phaeozem)*. A használt talajsint néhány alapvető paramétere az 1. táblázatban látható.

#### **1. táblázat A kísérletekhez használt talaj néhány jellemző tulajdonsága**

<b>Vizsgált paraméter</b>	<b>Mértékegység</b>	<b>Érték</b>
<b>mélység</b>	(cm)	0-30
<b>humusz</b>	%	0.49
<b><math>\text{CaCO}_3</math></b>	%	-
<b>pH</b>	$\text{H}_2\text{O}$	5,54
<b>pH</b>	KCl	4,24
<b>CEC</b>	$\text{cmol kg}^{-1}$	12,2
<b>Összes só</b>	%	0,028
<b>AL-<math>\text{P}_2\text{O}_5</math></b>	$\text{mg kg}^{-1}$	111
<b>AL-<math>\text{K}_2\text{O}</math></b>	$\text{mg kg}^{-1}$	119
<b>Homok %</b>	2-0,02 mm	78
<b>Vályog %</b>	0,02-0,002 mm	9
<b>Agyag %</b>	<0,002 mm	13
<b>hy</b>		0,08
<b><math>\text{K}_A</math></b>		21.5

#### **A hamu vizsgálata oldható lúgosság szempontjából**

- 40 ml desztillált vízhez rendre 10, 5, 2, 1, 0,5, 0,1 g hamut adagoltunk,
- majd kémcsórázóval tíz percig rázattuk.
- A rázatás után 994 1/sec fordulatszámon 10 percig centrifugáltuk.
- A tiszta oldat 10 ml-es részét metilnarancs indikátor jelenlétében 0,005  $\text{mól/dm}^3$  koncentrációjú kénsavval titráltuk.

### Talaj érleléses vizsgálata

- Bemértünk 50 – 50 g talajt szárítópusztai rozsdabarna erdőtalaj mintájából.
- Az egyikhez 1 g CaCO<sub>3</sub>-ot, a másikhoz 7,14 g (a lúgosság egyenértékre kalkulált mennyiség) biomassza égetéséből származó hamut kevertünk.
- Mind a két kezeléshez adtunk 20-20 ml vizet. A mintákból minden nap 5 g száraz talajnak megfelelő mennyiségű talajt vettünk ki (gyakorlatban 7 g nedves). Ehhez 50 ml vizet adtunk és megmértük a szuszpenzió pH-ját.
- Ezután centrifugálással leválasztottuk a szilárd frakciót (4000 fordulat percenként, 30 percen át), majd a folyadék fázist leszűrtük, a szűrletet hűtőben tároltuk, a mérésig
- A pH és savanyúság vizsgálatokat a hamunál leírt módon végeztük.

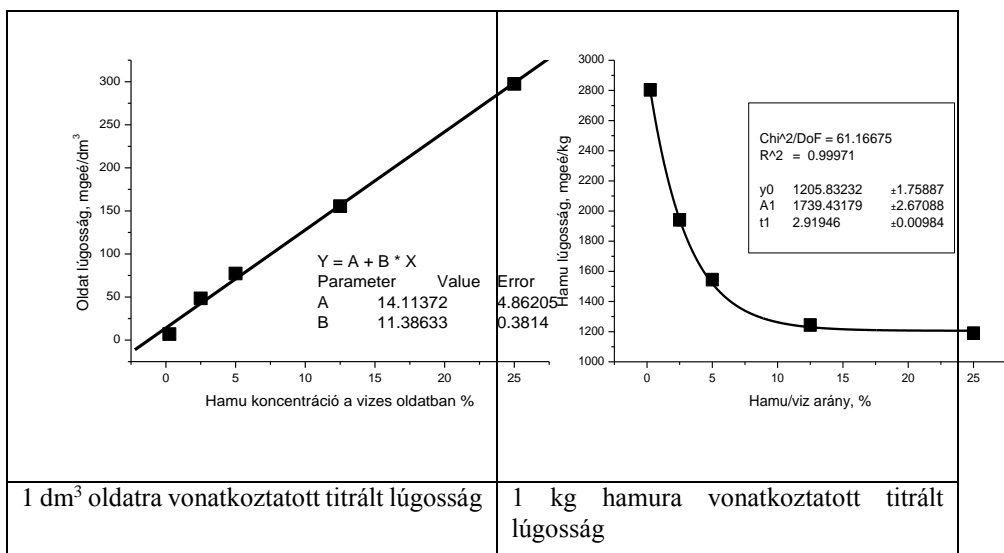
### Eredmények és értékelésük

#### A hamu vizsgálata oldható lúgosság szempontjából

A szakirodalomban említett összehasonlító elemzések mellet vizsgálatainkban a hamu-víz illetve hamu-talaj kölcsönhatás, időbeli folyamatait elemeztük.

Az 1. ábrán láthatók vizes hamu kivonatok titrálási eredményei:

Jól látható a baloldali ábrán hogy az oldat lúgossága a hamu koncentráció növekedésével lineárisan növekszik ( $R^2=0,987$ ), ez arra utal, hogy a hozzáadott hamutartalommal közel arányos a lúgosító hatás, vagyis a hamuból koncentrációjával arányos mennyiségű lúgosító anyag oldódik ki adott mennyiségű vízben. (könnyen oldható formák).



1. ábra. A hamu-víz keverékek oldat fázisában titrálható lúgosság.

A jobboldali ábra értelmezéséhez azt kell feltételeznünk, hogy a hamuban levő lúgosodást okozó vegyületek nem oldódnak teljes mértékben és korlátlanul vízben, hiszen a növekvő

## **Biomassza hamu alkalmazhatóságának vizsgálata talajsavanyúság javítására**

---

hamu/víz % csökkenő értékeket eredményez. Az illesztett exponenciális függvény alapján (mely tökéletesen illeszkedik,  $R^2=0,9997$ ) megállapíthatjuk, a következőket:

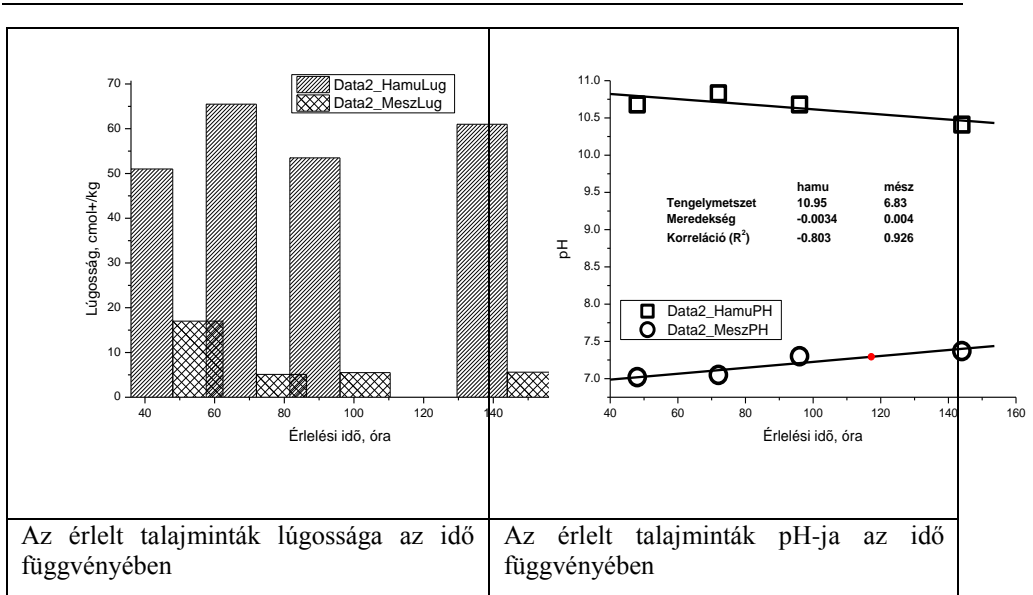
- Növekvő hamu koncentráció esetében a függvény aszimptotikusan tart a 1206 mgé/kg értékhez, vagyis feltételezhetjük, hogy ez a végtelen (igen nagy) hamukoncentráció esetében is csak legfeljebb ennyi lúgosító anyag oldható ki a hamuból
- Végtelen hígítás, azaz zérushoz tartó koncentráció érték esetén a kioldható lúgosító anyag mennyisége  $1206+1739= 2945$  mgé/kg, valószínűleg ez az érték az, amely a talajba kijuttatva savanyúság csökkentő hatást fejt ki (a későbbi kísérletek alapján elmondhatjuk, hogy ennél nagyobb mértékű a savanyítást csökkentő hatás, ugyanis a végtelen hígításban is oldhatatlan  $\text{CaCO}_3$  tartalmat ezzel a módszerrel nem sikerült megmérni.)
- A  $t_{1/2}$  paraméterből kiszámítható a felezési koncentráció, melynek értéke  $\ln 2 \cdot 2,92 = 2,02$  ez azt jelenti, hogy az oldható lúgosító hatás 2 százalék növekedés hatására csökken felére.
- A fenti vizsgálatok a hamu közvetlen, esetleg káros vízoldható lúgosító hatására vonatkoztak. További vizsgálatainkban a talaj savanyúságára gyakorolt hatásokat elemeztük.

### ***A talaj érleléses vizsgálata:***

A 2. ábrán láthatók talajérlelési kísérletek lúgosság és pH eredményei:

A baloldali ábráról látható, hogy a hamuval kezelt talaj lúgossága jelentős hibával, de közel állandó értéken van, amely azt jelenti, hogy lúgosság már az első mintavétel előtt is beállt a közel egyensúlyi értékre. Erre az eredményre a hamu oldható, és ezért szinte azonnal ható lúgosító anyag tartalmának ismeretében számítani lehetett. A mésszel kezelt talajminta esetében a kezdeti nagyobb lúgosság az idő előrehaladtával csökken, vagyis a lassan oldódó apró mészszemcsék kb. három nap elteltével már elreagálnak a talaj savanyúságot okozó ionjaival.

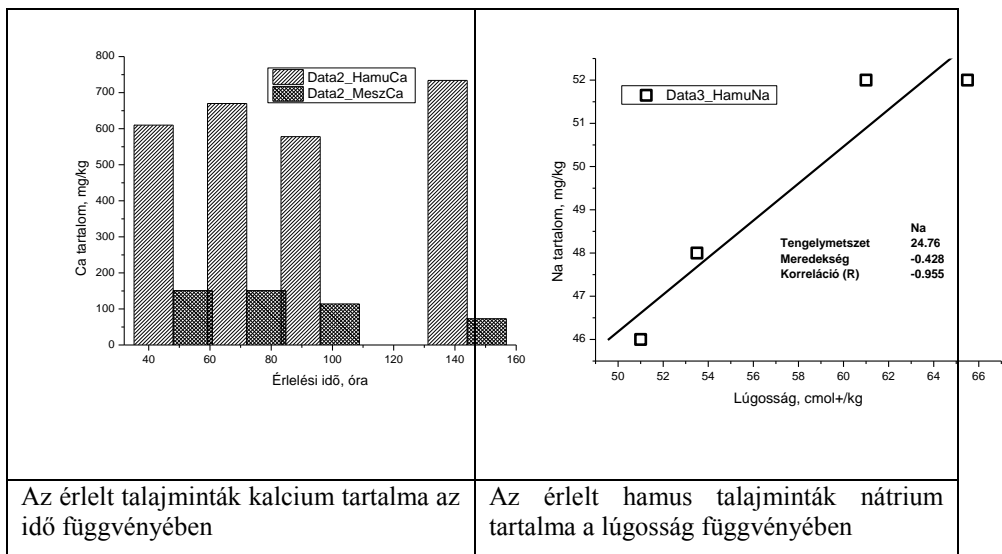
A jobboldali ábrán érdekes különbség látható a kétféle savanyúság csökkentő anyag talajra gyakorolt hatásán. Szemmel látható, és az illesztett egyenesek paraméterei is mutatják, hogy mésszel kazalt talajon a pH folyamatosan növekszik, azaz a lassan oldatba menő mészszemcsék fokozatosan és lassan reagálnak a talaj savanyúságot okozó ionokkal. A hamu hatására viszont sokkal magasabb értékről induló, de csökkenő pH-t tapasztalunk, ez egyértelműen annak tudható be, hogy a könnyen oldódó lúgos hatású anyagok szinte azonnal elreagáltak a talajoldatban található savanyúságot okozó ionokkal, majd a talajszemcsék felületéről lassan oldatba kerülő rejtett savanyúságot okozó ionok oldatba kerülésével az erősen lúgos pH csökken az idő függvényében.



Az érlelt talajminták lúgossága az idő függvényében

Az érlelt talajminták pH-ja az idő függvényében

2. ábra. A talajérlelési kísérletek lúgosság és pH eredményei:



Az érlelt talajminták kalcium tartalma az idő függvényében

Az érlelt hamus talajminták nátrium tartalma a lúgosság függvényében

3. ábra. A talajérlelési kísérletekben mért kalcium és nátrium tartalom

A 3. ábrán talajérlelési kísérletekben mért kalcium és nátrium tartalom látható. A bal oldali ábrán látható kalcium tartalom azt mutatja, hogy a hamu hatására jelentősen nagyobb a talaj vízoldható kalcium tartalma, mint a meszes kezelésnél. Ez arra utal, hogy a hamuban a kalcium nem teljes mértékben vízoldhatatlan kalcium-karbonát formájában van jelen, hanem más, vízben könnyen és gyorsan oldódó sója is előfordul.



## **Biomassza hamu alkalmazhatóságának vizsgálata talajsavanyúság javítására**

---

A jobb oldali ábrán a hamu kezelés egyik legnagyobb problémáját láthatjuk, vagyis azt, hogy a hamu lúgossága jól korrelál a hamu nátrium tartalmával, vagyis a hamu savanyúság csökkentő hatásáért jelentős mértékben a szódatartalom tehető felelőssé. Ezt a tényt mindenképpen figyelembe kell venni abban az esetben, amikor szikes, vagy szikesedéssel veszélyeztetett talajokon alkalmazunk hamut, mint savanyúságcsökkentő anyagot.

### **Következtetések**

- A hamuból a mennyiségével arányos vizes oldható lúgosító anyag szabadul fel, azonban méréseink alapján azt kell feltételeznünk, hogy a hamuban levő lúgosodást okozó vegyületek nem oldódnak teljes mértékben és korlátlanul vízben, hiszen a növekvő hamu/víz arány csökkenő oldott lúgosító anyag értékeket eredményez.
- A hamuval kezelt talaj lúgossága jelentős hibával, de közel állandó értéken van, amely azt jelenti, hogy lúgosság már az első mintavétel előtt is beállt a közel egyensúlyi értékre, ami jelentősen nagyobb a meszes kezelésnél mértéknél, viszont a mésszel kezelt talajminta esetében a kezdeti nagyobb lúgosság az idő előrehaladtával csökken.
- A mésszel kezelt talajon a pH folyamatosan növekszik, azaz a lassan oldatba menő méssz szemcsék fokozatosan és lassan reagálnak a talaj savanyúságát okozó ionokkal. A hamu hatására viszont sokkal magasabb értékről induló, de csökkenő pH-t tapasztalunk.
- A hamu hatására jelentősen nagyobb a talaj vízdoldható kalcium tartalma, mint a meszes kezelésnél. Ez arra utal, hogy a hamuban a kalcium nem teljes mértékben vízdoldhatatlan kalcium-karbonát formájában van jelen, hanem más, vízben könnyen és gyorsan oldódó sója is előfordul.
- A hamu lúgossága jól korrelál a hamu nátrium tartalmával, vagyis a hamu savanyúság csökkentő hatásáért részben a szódatartalom tehető felelőssé

### **Irodalomjegyzék**

- DEMEYER A., VOUNDI NKANA J.C. & VERLOO M.G. (2001): Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview *Bioresour. Technol.*, 77. p.287–295 [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00043-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00043-2)
- ETIEGNI L., CAMPBELL A.G. & MAHLER R.L. (1991): Evaluation of wood ash disposal on agricultural land. I. Potential as a soil additive and liming agent *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 22. p. 243–256
- CLAPHAM W.M. & ZIBILSKE L.M. (1992): Wood ash as a liming amendment. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 23. p. 1209–1227
- HUANG H., CAMPBELL A.G., FOLK R. & MAHLER R.L. (1992): Wood ash as a soil additive and liming agent for wheat. *Field studies Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 23. p. 25–33
- KREJSL J.A. & SCANLON T.M. (1996): Evaluation of beneficial use of wood-fired boiler-ash on oat and bean growth. *J. Environ. Qual.*, 25. p. 950–954
- VANCE E.D. (1996): Land application of wood-fired and combination boiler ashes: an overview. *J. Environ. Qual.*, 25. p. 937–944

OHNO T. (1992): Neutralization of soil acidity and release of phosphorus and K by wood ash. *J. Environ. Qual.*, 21. p. 433–438

OHNO T. & ERICH M.S. (1990). Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 32. p. 223–239

OHNO T. & ERICH M.S. (1993): Incubation-derived calcium carbonate equivalence of papermill boiler-ashes derived from sludge and wood sources. *Environ. Pollut.*, 79. p. 175–180

### **Egyes öntözővizek összetételének, valamint a fő komponensek összefüggéseinek vizsgálata a Duna-Tisza közén**

*Pető Judit - Hüvely Attila - Cserni Imre*

*Pallasz Athéné Egyetem, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Kertészeti Tanszék,  
6000 Kecskemét, Mészöly Gy. tér 1-3.*

*E-mail: peto.judit@kfk.kefo.hu*

#### **Összefoglalás**

Az általunk vizsgált Duna-Tisza közti területeken található rétegvizek általában közepes sótartalmú, alkáli-hidrogénkarbonátos, kloridos jellegű, közepesen kemény vizek. Vizsgálataink során a laboratóriumunkba 2008-2016 között beérkezett öntözővíz minták analizését végeztük el azzal a céllal, hogy a vizsgálati eredményeket figyelembe véve képet kapjunk azok változásairól különböző kútmélységeknél. A kút mélységével pH tekintetében nem tapasztaltunk változást, azonban a sótartalom a vizsgált tartományban jelentősen csökkent. Egyes rétegvizek felszín közeli rétegeiben só felhalmozódás történt, eredményeink szerint az oldott anyag tartalom néhány g/l értékre nőtt a 21-40 m-es mélységben. Másrészt statisztikai vizsgálatok alapján erős kapcsolatokat állapítottunk meg a fő kationok és anionok között, melyek alapján fontos információkat kaptunk a környékünkön található vizek jellegéről és felhasználhatóságáról.

#### **Summary**

We studied ground layer water samples derived from the area between the Danube and Tisza and they were generally characterized as medium-salt, alkaline bicarbonate, chloride and moderately hard waters. We analysed the irrigation water samples in our laboratory, received between 2008 and 2016, in order to get a picture of their differences at various depths based on the test results. Regarding the pH the depth of the well did not cause any changes, however, in the range studied, salinity decreased significantly. In some waters close to the surface, salt accumulation occurred, our results show that the solute content increased to more g/l in the 21-40 m depth as well. We also made statistical correlation analyses and found strong connections between the main cations and anions, which gave us meaningful information about the characteristics and usability of the water in our region.

#### **Bevezetés**

Az Alföld déli - dél-keleti részén folyik az ország kertészeti termelésének jelentős része. A termesztés során azonban kockázati tényezőt jelent a kevés éves csapadékmennyiség, és ráadásul annak egyenlőtlen, gyakran szélsőséges eloszlása (RAKONCZAI, 2000, MEZŐSI et al., 2014). A klimatikus viszonyok mediterrán jellegének erősödése szintén hozzájárul a talajnedvesség kedvezőtlen irányú változásához, a termésbiztonság érdekében az öntözés jelentősége területeinken tovább fokozódik. Helyes gazdálkodással törekedni kell a talaj vízmegtartó és víztároló képességének, potenciáljának megtartására illetve növelésére.

Az Alföldön a 20. században igen nagy számban fúrtak kutakat házi és mezőgazdasági használatra egyaránt, mely a vízszerzés fő forrásává vált. Az Alföld felszín alatti víztartó képződményei nagyrészt pliocén-pleisztocén kavicsos, homokos, agyagos medenceüledékek. A földtani negyedkori folyóvízi üledék vastagsága megközelíti az ezer métert az Alföld déli részén. Ezek a víztartó/vízadó rétegek az ország területének több mint háromnegyedén megtalálhatók, mindenütt lehetőséget biztosítva egyrészt a helyi öntöző- és ivóvíz beszerzéshez, nagyobb mélységek esetén – általában 500 m alatt – pedig a hévizek feltárásához.

A termesztés során a felhasznált víz mennyiségének optimalizálása, és takarékos, célzott felhasználási technológiájának kialakítása mellett a vízminőségi szempontok betartása és az analitikai vizsgálatok elvégzése is elengedhetetlen.

Az öntözővíz-nyerés szempontjából ki kell emelni a felszín közeli (0-30 m) zónát, mely változékony oldott anyag tartalmú beszivárgási zóna, és nem kapcsolódik össze a föld alatt regionális rendszerré. Vizsgálata ezért helyileg különösen indokolt. Az alatta húzódó, átlagosan 31-300 m mélységű zónában a medence belseje felé migráló vizek jellemzők, kiegyensúlyozottabb kémiai összetétellel. A felszín alatti horizontális vízáramlás átlagosan négy nagyságrenddel nagyobb a vertikális áramlásnál. A felszínről származó szennyeződések a 100 m-nél mélyebb vízadó rétegeket általában 100 évnél hamarabb nem érik el (LIEBE, 2000). Az Alföld középső-déli területein, a felső 500 m-es rétegekben, kisebb oldott anyag tartalmú vízbázisokat találunk, melyek sokszor ivóvíz minőségűek. Egyes rétegvizek felszín közeli rétegeiben só felhalmozódás történhet (KUTI et al., 1999, PETŐ et al., 2015).

Magyarország medence jellegű elhelyezkedése következtében speciális helyzetben van, hiszen a felszíni vizek mennyiségének 96%-a külföldről érkezik és átfolyik az ország területén (SOMLYÓDI et al., 2004). A Víz Keretirányelv elvárásai szerint célunk a felszíni és felszín alatti vizeinknek jó minőségi állapotának elérése illetve annak megőrzése. A felhasznált öntözővizek összetétele egyrészt a tápelem utánpótlás tekintetében is figyelembe veendő. A különféle fizikai, kémiai vagy biológiai szennyezőanyagokat tartalmazó vizek használata a termesztés során nem kívánatos.

Jelen tanulmányunkban felszín alatti öntözővíz minták kémiai analízisét végeztük el annak érdekében, hogy képet kapjunk a megjelenő sók formáiról, mennyiségéről és összefüggéseiről, azok alkalmazhatóságáról a termesztés során.

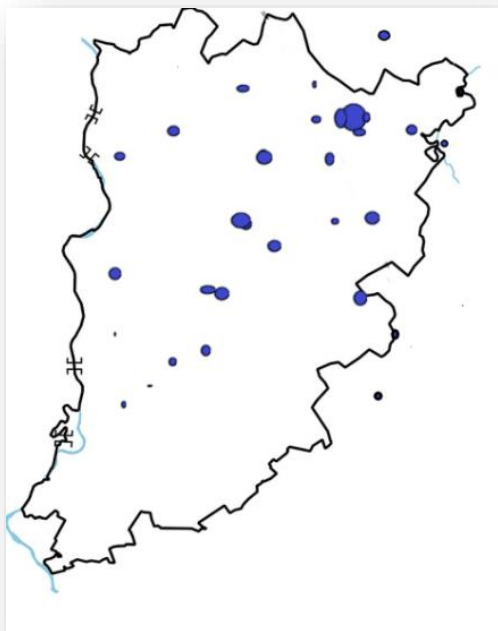
### **Anyag és módszer**

A Pallasz Athéné Egyetem Kertészeti és Vidékfejlesztési Karán (2016 júliusáig Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Kar) működő akkreditált Talaj- és Növényvizsgáló Laboratórium 2007 óta végzi ellenőrzött tevékenységét. A Laboratóriumba elsősorban talaj- és növényminták érkeznek a térség gazdálkodóitól, azonban sok esetben igény merült fel az öntözővizek minőségének ellenőrzésére is. Ebben az időszakban elsősorban öntözéshez felhasznált kútvíz vizsgálatát végeztük el. A tanulmányunkba bevont 159 db minta minden esetben fúrt kútból származó felszín alatti víz volt, a nyersvíz minták semmilyen megelőző vízkezelést (ammónia, vas-manganmentesítés) nem kaptak. A víznyerő kutak származási helye a Duna-Tisza köze déli része volt, elsősorban Kecskemét és környéki kútviszék. A minták 96 %-a Bács-Kiskun megyéből származott, melyet néhány határos településről (Cegléd, Kistelek, Tiszaalpár) származó mintával egészítettünk ki (1. ábra). Más alföldi területekről érkezett mintákat

## Egyes öntözővizek összetételének, valamint a fő komponensek összefüggéseinek vizsgálata a Duna-Tisza közén

---

jelen tanulmányban nem értékeltünk. A minták terület szerinti bontását nem végeztük el. A víznyerő lelőhelyek a felszíntől mért 7-275 m mélységű tartományba estek.



**1. ábra. A vizsgált öntözővíz minták származási helyei (a pontok mérete arányos a vizsgált minták számával)**

A mintavételnél betartott szabályok: fűrt kútból 100 liter víz elengedése után a mintákat kútvízzel többször alaposan átöblített, és színültig töltött, légmentesen zárt palackokba gyűjtöttük. A vízminőség hűtve került beszállításra a legrövidebb időn belül, melyeket frissen feldolgoztunk, ill. szükség esetén szabvány szerinti módszerekkel tartósítottunk.

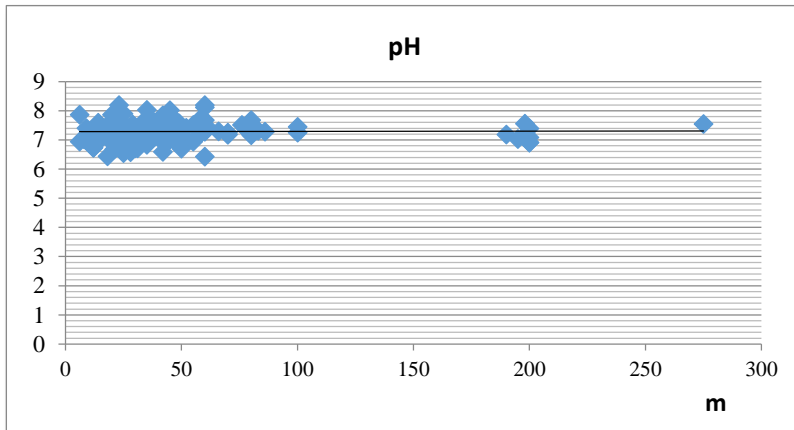
Az öntözővíz jellemzők közül a pH-t potenciometriásan, az elektromos vezetőképességet (EC érték) konduktometriásan határoztuk meg laboratóriumi kéziműszerekkel (Orion Star, WTW). A  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ionokat, illetve a Fe-, Mn- és As tartalmat ICP-OES spektrometriás módszerrel mértük. Az ammónium- és nitrát-tartalmat fotometriásan, a kloridot argentometriásan, a karbonát és hidrogén-karbonát iont neutralizációs titrálással határoztuk meg, minden esetben szabvány szerint végzett módszerekkel.

Eredményeinket statisztikailag az SPSS 13.0 for Windows, valamint Microsoft Office Excel programokkal értékeltük.

A vizsgált paraméterek közötti összefüggések feltárására Pearson-féle korreláció analízist végeztünk. Az egyes paraméterek közötti összefüggések jellemzésére a Pearson féle korrelációs koeficienseket határoztuk meg, lényegi összefüggéseket 0,05, 0,01 és 0,001 szignifikancia szinten határoztunk meg.

## Eredmények

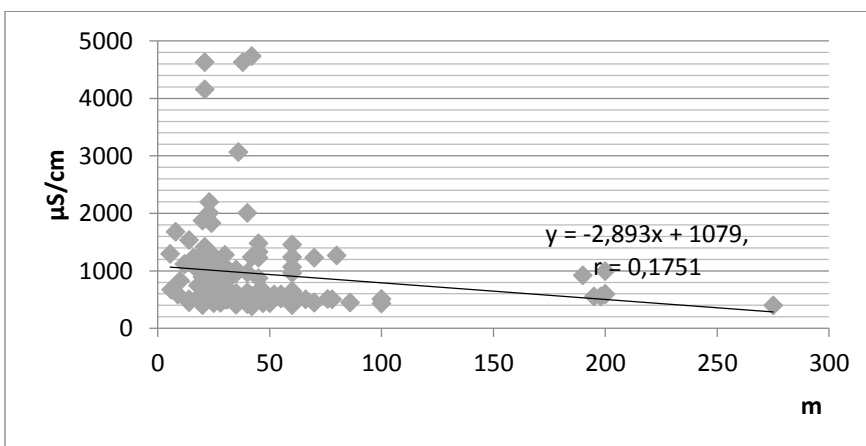
A minták legnagyobb része a 10-90 m közötti mintavételi mélységű tartományba esett, valamint a 200 m körüli mélységben volt számottevő arányú, ahogyan az a 2., 3. és további ábrákon is megfigyelhető.



2. ábra. A vízminták pH-ja a kútmélység függvényében

A pH a víznyerő hely mélységével nem mutatott kapcsolatot (2. ábra). A pH pozitív korrelációt mutatott a Na ( $r = 0,2003$ ,  $<0,05$  szinten), és negatív összefüggést adott a Mg és főként a Ca ion tartalommal ( $r = -0,2553$ ,  $<0,01$ ;  $r = -0,3710$ ,  $<0,001$ ). Nem volt kapcsolatban a  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $Cl^-$  és  $HCO_3^-$  mennyiségével.

A vezetőképesség értékek jelentős mértékben csökkentek a kút mélységével ( $r = 0,1751$ ;  $<0,05$ ; 3. ábra). Az ábrán megfigyelhető, hogy az EC értékek szórása is csökkenő tendenciát mutatott. Kiugróan magas sótartalmú minták a 15-50 m mélységben fordultak elő, esetenként megközelítették az  $5000 \mu S/cm$  értéket is ( $>4000 \mu S/cm$ : 2,5 % gyakorisággal fordult elő a 21-40 m mélységben).



3. ábra. Az EC változása a kútmélység függvényében

## Egyes öntözővizek összetételének, valamint a fő komponensek összefüggéseinek vizsgálata a Duna-Tisza közén

Az EC érték a legtöbb vizsgált paraméterrel pozitív összefüggést mutatott, legerősebb korrelációt a  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  és  $\text{HCO}_3^-$  mennyiségével kaptunk ( $r=0,7000$  feletti;  $<0,001$ ), de emellett igen erős pozitív kapcsolat mutatkozott a  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  és Fe mennyiségével is ( $r=0,4000$  feletti;  $<0,001$ ). Közepesen erős volt a kapcsolat az EC és Mn között ( $r=0,2991$   $<0,01$ ), és gyenge volt a kapcsolat az  $\text{NH}_4^+$ , és az As tekintetében ( $<0,05$ ).

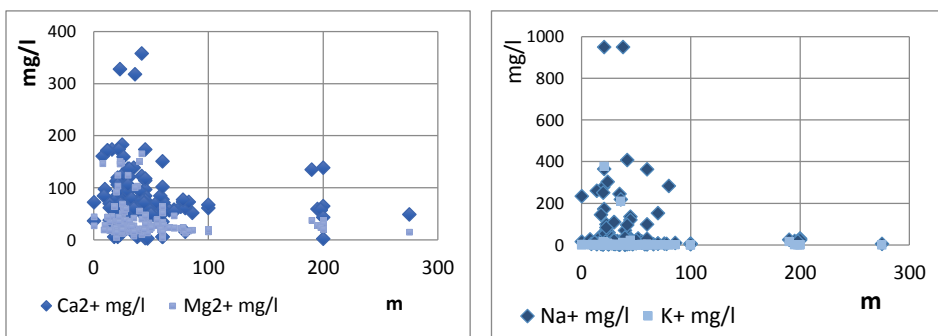
1. táblázat. A vezetőképesség összefüggése a pH-val, és a legjellemzőbb kationokkal és anionokkal.

	pH	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{NH}_4^+$	Fe	Mn
EC	-0,09556	0,3641	0,7428	0,7904	0,4725	0,1829	0,4087	0,2992

	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$	As
EC	0,4302	-0,0442	0,78094	0,7300	0,2042

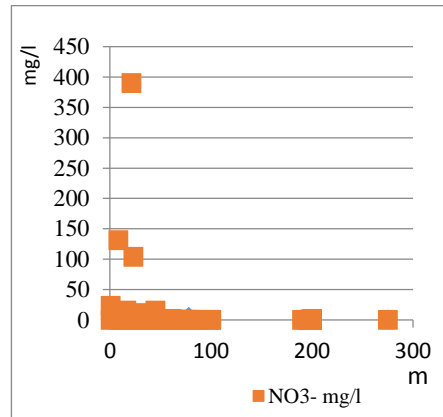
A mélyebb rétegekből származó vízmintákban enyhén alacsonyabb Ca és Mg tartalmat mértünk, a Mg tartalom csökkenése szignifikáns volt ( $r=0,1713$ ;  $<0,05$ ). A Ca tartalom volt domináns a Mg-mal szemben, a minták túlnyomó részében a Mg a Ca szintnek általánosan 50-60%-a volt, és a mélyebb rétegekben még inkább csökkent. A mélyebb szinteknél általában többi vizsgált kation és anion koncentrációja is csökkenő tendenciát mutatott, míg a foszfát gyakorlatilag nem változott.

Az EC magas értékét a felszín közeli vizekben több kation és anion emelkedett koncentrációjának volt köszönhető, például egyes esetekben a nátrium, kalcium, magnézium és kálium tartalom nagymértékű növekedését is tapasztaltuk. Az értékek szórása a Ca, Mg, Na és K esetében is jelentősen csökkent a mélyebb rétegekben, mint azt az EC-vel összefüggésben is tapasztaltuk (4. ábra). Vízmintáinkra általában az alacsony kálium tartalom volt jellemző, 2 kivételtől eltekintve a 15-20 m-es mélységben. Extrém magas nátrium tartalmat (900 mg/l felett) Szabadszállás környékén mértünk, itt több vízminta is 200-400 mg/l közötti értéket mutatott, illetve egy esetben Csépa térségében tapasztaltuk. Jelentősen megemelkedett kálium szint (210 és 378 mg/l) Szabadszállás és Cegléd területén volt jellemző.

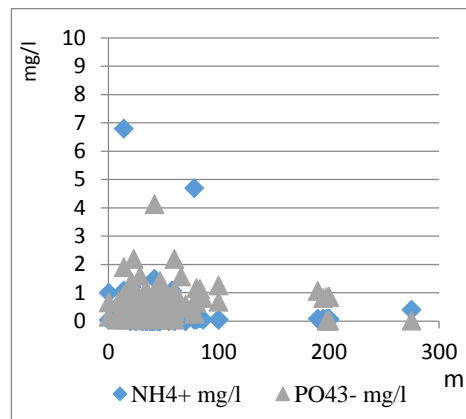


4. ábra. A két legfontosabb alkáliföldfém és alkálifém ion koncentrációjának változása a mélységgel

A nitrát tartalom magas szintjét szintén Szabadszállás környékén mutattuk ki, azonban a 6-30 m mélységű kútvezetekben sem volt magasabb az átlagos értéke 20 mg/l-nél, a mélyebb rétegekben pedig még inkább csökkent. Magas ammónium és a foszfát tartalom szintén a sekélyebb kútmélységeknél jelentkezett (5. és 6. ábra).



5. ábra. A nitrát koncentrációjának változása a kútmélységgel



6. ábra. Az ammónium és a foszfát ion tartalom változása a mélységgel

A Na legerősebb összefüggést adta a hidrogénkarbonát ionnal ( $r=0,7752$ ), és a kloriddal való korrelációja is igen erős volt ( $r=0,6224$ , 2. Táblázat).

A kálium a legerősebb kapcsolatot a nitrát ionnal mutatta ( $r=0,8823$ ) de szoros összefüggést tapasztaltunk a hidrogénkarbonáttal, valamint a magnéziummal és mangán tartalommal is.

A kalcium és a magnézium legerősebb kapcsolatot a kloriddal, ezt követte a nitrát és hidrogénkarbonáttal való összefüggés. Szoros kapcsolatot mutatott a vas és mangán tartalommal, és negatív arányban állt a foszfát és arzén koncentrációival.

A foszfát mennyisége az arzénnel állt erős pozitív korrelációban (2. táblázat).



**Egyes öntözővizek összetételének, valamint a fő komponensek összefüggéseinek vizsgálata a Duna-Tisza közén**

**2. táblázat. A paraméterek közötti összefüggés vizsgálatok eredményei a Pearson féle korrelációs koeficiensek feltüntetésével.**

	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe	Mn	As
Ca <sup>2+</sup>		0,458	-0,115	0,221	0,062	0,305	-0,180	0,323	0,063	0,305	0,126	-0,166
Mg <sup>2+</sup>	0,458		0,327	0,313	0,062	0,391	-0,183	0,511	0,497	0,343	0,309	-0,173
Na <sup>+</sup>	-0,115	0,327		0,238	0,182	0,147	0,133	0,622	0,775	0,073	0,009	0,082
K <sup>+</sup>	0,221	0,313	0,238		0,035	0,882	-0,026	0,226	0,335	0,002	0,381	-0,048
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,064	0,062	0,200	0,035		0,081	0,00/	0,344	0,055	0,101	0,065	-0,048
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,304	0,391	0,147	0,882	0,081		-0,059	0,189	0,254	-0,108	0,401	-0,078
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-0,180	-0,175	0,139	-0,026	0,008	-0,059		-0,093	0,031	0,046	-0,016	0,627
Cl <sup>-</sup>	0,323	0,511	0,623	0,222	0,325	0,190	-0,093		0,386	0,418	0,117	-0,112
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,063	0,497	0,775	0,335	0,045	0,254	0,031	0,386		0,096	0,127	-0,084
Fe	0,305	0,347	0,073	0,006	0,111	-0,109	0,046	0,418	0,096		0,337	-0,007
Mn	0,126	0,309	0,015	0,381	0,065	0,401	-0,016	0,117	0,127	0,337		-0,091
As	-0,166	-0,173	0,084	-0,043	-0,048	-0,078	0,627	-0,112	-0,084	0,007	-0,091	

(szignifikancia szintek: világosszürke cellák: <0,05; középszürke <0,01, sötétszürke <0,001)

---

## Következtetések

Tanulmányunkban képet kívántunk nyerni a Duna-Tisza közi területek öntözővizeinek változásáról a mintavételi mélység függvényében, illetve ezen túlmenően az egyes komponensek összefüggéseiről, a vizsgált több mint másfél száz vízminta vizsgálata alapján. A vizsgált rétegvizek esetében nagyrészt vízzáró-rétegek alól nyertük a vízmintákat, amelyek minősége közel állandónak tekinthető, a felszíni hatások kevésbé érvényesültek,

A kutak mélységét tekintve öntözésre 100 m-ig fúrt kutak jellemzők, majd egy nagyon jelentős vízáadó réteg 200 m körüli mélységben (Kecskemét város ill. pl. Szentkirály is ezt a vízáadó réteget használja fel ivóvíz, ill. ásványvíz nyelés céljából). A mélyebb termál kutak környékünkön ritkábbak, 1000 m körüli mélységűek (PETŐ et al., 2012)

Mintáink többsége a 10-80 m-es mélységű tartományba esett, az egyes komponensek szintjének legnagyobb szórásait is ebben a tartományban tapasztaltuk. Az oldott sótartalmat tükröző EC értékek 50 m mélyséig, helyenként a 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  értéket is meghaladták, vagyis a sófelhalmozódás eredményeként az oldott anyag tartalom több g/l-re is nőhetett.

A pH-ra legnagyobb pozitív hatással volt a vizsgált paraméterek közül a nátrium, ez a nátrium lúgosító, szikesítő hatásával állhat kapcsolatban. A pH negatív kapcsolatban volt a kalcium és magnézium tartalommal. Ennek magyarázata a vízmintákban kialakuló mészkalcium-hidrogénkarbonát-szénsav egyensúllyal hozható összefüggésbe, hiszen magasabb pH-n a Ca és Mg kicsapódik, míg alacsonyabb pH-n a víz több kalciumot és magnéziumot tarthat oldatban. A vízlelőhelyeket környező talajokat, kőzeteket tekintve ismeretes, hogy a Duna-Tisza köze középső és déli részén, főként nagyobb mélységekben megnövekszik a talajok mésztartalma. A Ca és Mg a természetes eredetű talajokban a legerősebb talajsavanyodást gátló, pufferoló hatású anyagok.

Egyes általunk vizsgált felszín alatti vizekben a jelentősen megemelkedett oldott só tartalom megnövekedett ammónium, nitrát, vas és mangán tartalommal járt együtt, ez megegyezik korábbi tanulmányainkban tapasztalatainkkal alföldi vízminták esetén (PETŐ et al., 2015). Az öntözővizek egy részénél problémaként jelentkezett a víz megnövekedett arzéntartalma is.

Jelen vizsgálataink megerősítették, hogy a víz legfontosabb összetevői között nagyon erős kapcsolatok fedezhetők fel. A magnézium a klorid és hidrogénkarbonát ionokkal, míg a kalcium klorid és nitrát ionokkal mutatott erős kapcsolatot, mely ezen sók előfordulásával, jelenlétével állhat kapcsolatban. A nátrium nagyon szoros kapcsolatban volt a hidrogénkarbonáttal, de a kloridos jellege is igen erősnek bizonyult. A kálium viszont legerősebb kapcsolatot a nitrát ionokkal mutatta, ez utalhat természetes vagy mesterséges eredetű kálium-nitrát megjelenésére is az öntözővizekben. Az ammónium ion viszont csak a klorid ionokkal mutatott erős pozitív korrelációs összefüggést. A mangán az anionok közül a nitrát ionokkal állt szoros kapcsolatban, míg a vas esetén a klorid forma valószínűsíthető. Kiemelkedően erősnek bizonyult az arzén és a foszfát ionok korrelációja, ezen kívül csak a magnézium és kalcium ionokkal mutattak összefüggést. Az öntözővíz minősítésében fontos szerepet játszó egyéb paraméterek (só %, Na %, SAR érték, anion szerinti típus) vizsgálata és azok értékelése meghaladja jelen tanulmány kereteit, azok bemutatása további tanulmányok részét képezi.

## **Egyes öntözővizek összetételének, valamint a fő komponensek összefüggéseinek vizsgálata a Duna-Tisza közén**

---

Eredményeink megerősítik, hogy a kertészeti és szántóföldi termőterületeken a talaj szakszerű laboratóriumi vizsgálata mellett elengedhetetlen az öntözővizekben található fő tápelemek és mikroelemek mennyiségének meghatározása, és ezen túlmenően fontos információkkal szolgálhat a paraméterek összefüggéseinek alaposabb elemzése, az öntözővizek jellegének értékelése.

### **Irodalomjegyzék**

KUTI L., TÓTH T., PÁSZTOR L. & FÜGEDI U. (1999): Az agrogeológiai térképek adatainak és a szikesedés elterjedésének kapcsolata az Alföldön. *Agrokémia és Talajtan*, 3-4 (48) pp. 501-516.

LIEBE P. (2000): Az Alföld felszín alatti vízkészlete. In: *A víz szerepe és jelentősége az Alföldön*, A Nagyalföld Alapítvány kötetei 6, pp. 105-117.

MEZŐSI G., T. BATA, B. C. MEYER, V. BLANKA & ZS. LADÁNYI (2014): Climate Change Impacts on Environmental Hazards on the Great Hungarian Plain, Carpathian Basin, *International Journal of Disaster Risk Science* 5(2). pp 136-146.

PETŐ BNÉ J., HÜVELY A., CSERNI I. & NAGY J. (2012): A termálvíz összetételének jellemzése Kecskeméten, (12.) AGTEDU 2011. Magyar Tudomány Ünnepe, pp. 169-174.

PETŐ J., E. HOYK & A. HÜVELY (2015): The role of ground and artesian waters as nutrient sources in the irrigation on the Great Hungarian Plain, *Növénytermelés* 64: (Suppl, 2015) pp. 43-46.

RAKONCZAI J. (2000): A környezet-átalakítás hidogeográfiai összefüggései az Alföldön. In: *A víz szerepe és jelentősége az Alföldön*, A Nagyalföld Alapítvány kötetei 6, pp. 26-36.

SOMLYÓDY, L. & Z. SIMONFFY (2004): Water in Hungary: with Tradition and Unique Problems to the EU. *Begegnungen, Schriftenreihe des Europa Institutes Budapest*, Band (25) pp. 127-145.



### Komposztanyagok kadmium, réz és cink megkötőképessége

*Ramadan Benjared, Kovács Dénes, Füleky György*

*Szent István Egyetem, Gödöllő, Páter Károly u. 1. H-2100*

[fuleky.gyorgy@mkk.szie.hu](mailto:fuleky.gyorgy@mkk.szie.hu)

#### Összefoglalás

Dolgozatunkban három különböző komposztminta réz, cink megkötő képességét vizsgáltuk vizes oldatból. 1 g száraz, 2 mm-es szitán átengedett komposztot 10 ml 0-50000 µg/g nehézfém tartalmú oldattal rázattuk 24 órán keresztül. Ezután az oldatot centrifugáltuk és a felülúszóból meghatároztuk a nehézfémeket atomabszorpciós spektrofotométerrel. A kapott adatokra Langmuir izotermát illesztettünk és kiszámítottuk a maximálisan megkötődő kadmium, réz és cink mennyiségét. Mindhárom nehézfémből a garéi komposzt kötötte meg a legnagyobb mennyiségeket (Cd: 40107, Cu: 44242; illetve Zn: 26802 µg/g-ot). Minden elem és komposzt esetében a Langmuir függvény kezdeti szakasza nagyon meredek volt, jelezve a kisebb koncentrációk esetében történő nagyon erőteljes megkötődést.

#### Summary

Three compost materials of different basic matter composition were used to sorb the cadmium, copper and zinc content of water solution. 1 g dry, milled and sieved to 2 mm compost samples were shaken with 10 ml 0-50000 µg/g heavy metal containing solutions for 24 hours. After shaking the solution were centrifuged with high speed centrifugation. From the clean solution the heavy metals were determined with atomic adsorption spectrophotometry. for the data Langmuir function was fitted and the maximum amount of sorbed Cd, Cu and Zn were calculated. The Garé compost (No 2) could sorb the highest amount of Cd, Cu and Zn (40107, 44242 and 26802 µg/g), respectively. At each compost and metal ions the sorption was rather strong demonstrating with the steep first part of Langmuir adsorption curve.

#### Bevezetés

Napjaink egyik legjelentősebb környezeti problémája a környezet nehézfém szennyezése. Az ipari szennyvizek általában kadmiummal, rézzel, cinkkel, nikkellel, ólommal, higannyal és krómmal szennyezettek. Különböző módszerek ismertek a szennyvizek nehézfém tartalmának tisztítására. A leggyakoribb tisztítási eljárás a toxikus nehézfémek csapadék fázisba vitele az oldatból, de az aktívszenes megkötés is gyakran alkalmazott módszer. A tisztítás költsége nyilván nagyon fontos tényező, ezért többen próbálkoztak mezőgazdasági hulladékanyagok felhasználásával a nehézfémek megkötésénél. Így vált megszokottá az adszorpció folyamatának alkalmazása a nehézfémek eltávolítására, amikor is olcsó ipari és mezőgazdasági hulladékok, esetleg melléktermékek szerepelnek adszorbensként (BAILEY et al., 1999; BABEL et al., 2003; ULMANU et al., 2003; KHRAISHEH et al., 2004; SEKHAR et al., 2004; AMARASINGHE et al., 2007; DEMIRBAS et al., 2008).

Munkánk célja különböző komposztanyagok, kadmium, réz és cink megkötő képességének vizsgálata volt.

### Anyag és módszer

Vizsgálatainkhoz három komposztot használtunk a kadmium, réz és cink megkötésének vizsgálatára: 1. Felgyő, zöldhulladék és szennyvíziszap keverékéből, 2. Garé: kommunális szennyvíziszap, hígrágya és csirketrágya, valamint búzaszalma keverékéből, 3. Sióagárd: zöldhulladék és biomassa keverékéből készített komposztokat. A komposztmintákat megszáritottuk, ledaráltuk és 2 mm-es szitán átszitáltuk a vizsgálatokhoz.

**1.táblázat A komposztanyagok fontosabb kémiai tulajdonságai**

Komposzt	Szárazanyag-tartalom, %	Szervesanyag-tartalom, %	pH <sub>H2O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Cd tartalom mg/kg	Cu tartalom mg/kg
1. Felgyő	64,3	24,7	6,6	6,0	0,334	46,5
2. Garé	46,3	50,0	5,4	5,1	0,492	106
3. Sióagárd	61,7	62,2	7,3	7,0	0,188	45,9

A felhasznált komposztok fontosabb paraméterei az 1. táblázatban találhatóak. Az egyes komposztokból 1-1 g-ot mértünk be centrifugacsőbe, majd 10 ml oldat segítségével 0-50-100-250-500-1000-2500-5000-10000-25000-30000-40000-50000 µg/g kadmiumot, réz és cinket adtunk a talajhoz. A centrifugacsövet körkörös rázógépre helyezve 24 órán át ráztuk 125 fordulat/perc sebességgel. A vizsgálatokat 3 ismétlésben végeztük el. Rázás után az oldatokat 6300 fordulat/perc sebességgel centrifugáltuk, majd a felülúszóból atomabszorpció spektrofotométerrel meghatároztuk az egyensúlyi oldatok kadmium, réz és cink koncentrációját. A kapott adatokra, 13 koncentráció esetében a három ismétlés átlagára Langmuir adszorpciós izotermát illesztettünk és meghatároztuk a maximálisan megkötődő kadmium, réz és cink mennyiségét, valamint az egyensúlyi állandókat:

$$q = \frac{Ak \cdot c}{1 + k \cdot c}$$

ahol  $q$  = a megkötött nehézfém mennyisége, µg g<sup>-1</sup>

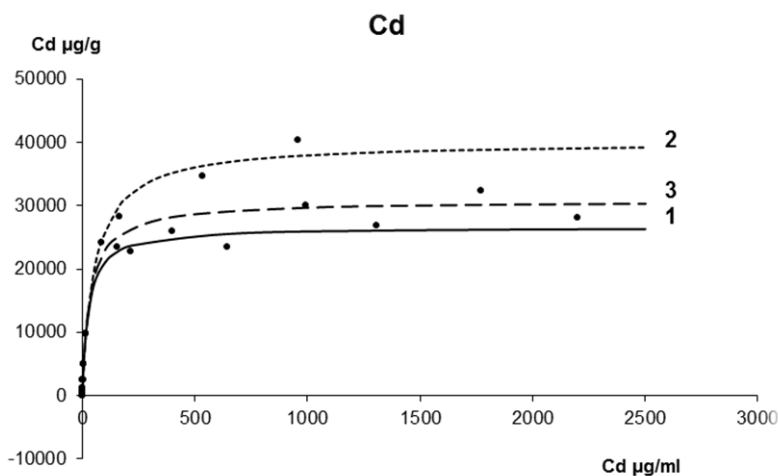
$A$  = a maximálisan megkötődő nehézfém mennyisége, µg g<sup>-1</sup>

$k$  = a Langmuir adszorpciós egyensúlyi állandó (ml µg<sup>-1</sup>)

$c$  = a nehézfémek egyensúlyi oldat koncentrációja (µg ml<sup>-1</sup>).

## Eredmények és értékelésük

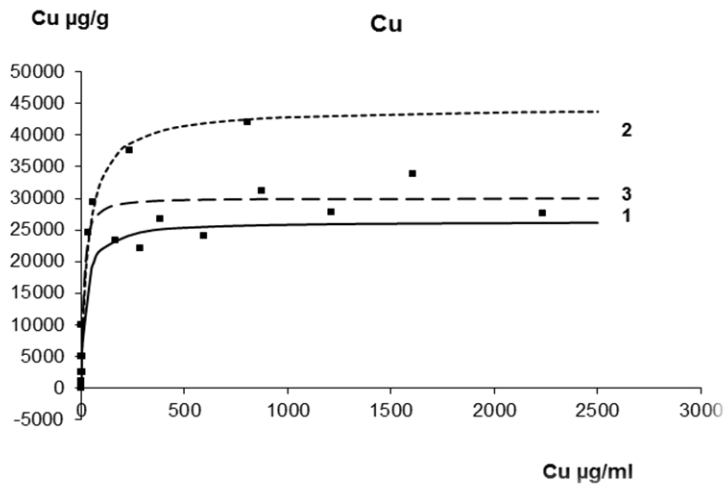
Az 1., 2., és 3. ábrán bemutatjuk a három komposzt kadmium, réz és cink megkötésének adszorpciós izotermáit, míg a 2., 3., és 4. táblázatban a maximálisan megköthető kadmium, réz és cink mennyiségét és a sebességi állandókat. Tekintettel a számítógépes illesztőprogram jellegére a maximálisan megkötődő nehézfém mennyisége (A) és az egyensúlyi állandó (k) szoros összefüggésben van egymással. mindezek ellenére az egyensúlyi állandó jól közelíti a megkötődés mértékét, vagyis szemléletesen azt, hogy milyen meredeken éri el a maximálisan megkötődő ion mennyiségét az adszorpciós izotermán. Fizikai tartalma pedig azt jelzi, hogy a meredekebben haladó függvény esetében erősebb lesz az ionok megkötődése. Kadmium, réz és cink esetében egyaránt Garé, Sióagárd, Felgyő volt a maximális megkötődés (A értékek) sorrendje (2., 3., és 4. táblázat). Kadmiumból, rézből és cinkből egyaránt a garéi komposzt kötötte meg a legnagyobb mennyiséget (Cd: 40.000, Cu: 44.000 és Zn: 26.000  $\mu\text{g/g}$  nehézfémet) Ebből a szempontból fontos lehet a garéi komposzt nagy, összes sótartalma, illetve a nagyon jelentős szerves szén tartalma. Mindezek mellett ennek a komposztnak a legnagyobb a kadmium és réz tartalma. A három komposzt vizes pH-ja 6,6, 5,4, illetve 7,3, vagyis a garéi komposzt nagyobb kadmium, réz és cink megkötését nem a pH, hanem valószínűleg a nagyobb szerves szén tartalma okozza. Az egyensúlyi állandókat tekintve látható, hogy mindegyik komposzt esetében nagyon erőteljesen volt a megkötődés mértéke. A megkötődés erősségét jelző k értékek minden esetben a réznél voltak a legnagyobbak és a garéi komposzt kivételével a cink esetében a legkisebbek. A megkötődés mennyisége és erőssége feltehetően a komposztok szerves C tartalmának és minőségének lehet a függvénye.



1. ábra A vizsgált három komposztanyag kadmium megkötése (Langmuir adszorpciós görbék)

2.táblázat A komposztok által megkötött kadmium maximális mennyisége (A) és a folyamat egyensúlyi állandója (k)

Komposzt	A $\mu\text{gg}^{-1}$	k
1. Felgyő	26594	0.037
2. Garé	40107	0.017
3. Sióagárd	30669	0.027

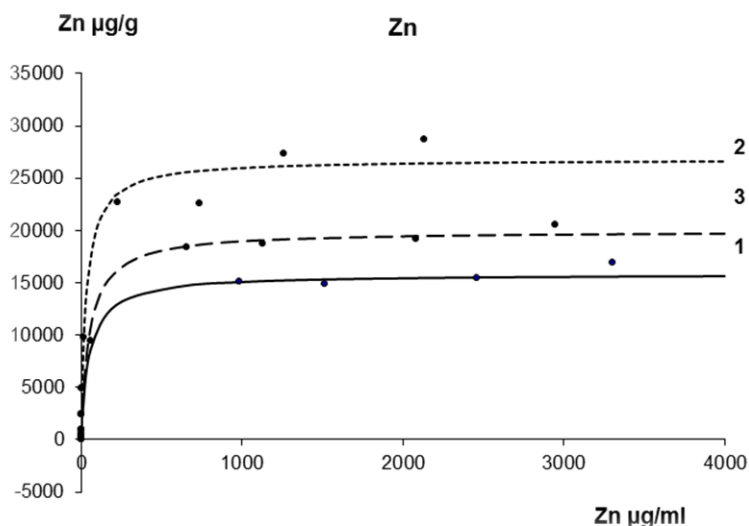


2.ábra A vizsgált három komposztanyag réz megkötése (Langmuir adszorpciós görbék)

3.táblázat A komposztok által megkötött réz maximális mennyisége (A) és a folyamat egyensúlyi állandója (k)

Komposzt	A $\mu\text{gg}^{-1}$	k
1. Felgyő	26350	0.049
2. Garé	44242	0.028
3. Sióagárd	30273	0.058





3.ábra A vizsgált három komposztanyag cink megkötése (Langmuir adszorpciós görbék)

4.táblázat A komposztok által megkötött cink maximális mennyisége (A) és a folyamat egyensúlyi állandója (k)

Komposzt	A $\mu\text{g}^{-1}$	k
1. Felgyő	15822	0.0200
2. Garé	26802	0.0310
3. Sióagárd	19928	0.0191

#### Következtetések

A három különböző alapanyagokból készült komposzt egyaránt jelentős mennyiségű kadmium, réz és cink megkötésére képes. A nagyon sokféle kiindulási anyagot tartalmazó garéi komposzt mindhárom vizsgált elemből jóval nagyobb mennyiséget (40-26000  $\mu\text{g/g}$ ) volt képes megkötni, mint a másik két komposzt. A kapott eredmények biztatóak, a szennyvizek nehézfém tartalmának komposztokkal történő tisztítása szempontjából.

#### Irodalomjegyzék

AMARASINGHE, BMWPK, WILLIAMS RT. (2007): Tea waste as a low cos adsorbent for the removal of Cu and Pb from west water. *Chen Eng J.* 132, 299-309

BABEL, S. & KURNIAWAN. TA (2003): Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water. *Journal of hazardous material.* B97, 219-243.

BAILEY, S. E. , T.J. OLIN, M. BRICKA & D.D.A. ADRIAN. (1999): A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals, *Water Res.* 33, 2469–2479.

DEMIRBAS, A., (2008): Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials. *Journal of Hazardous Materials.* 157, 220-229

KHRAISHEH, M. A. M., Y.S. AL-DEGS & W.A.M. MEMINN., (2004): Remediation of wastewater containing heavy metals using raw and modified diatomite, *Chem. Eng. J.* 99, 177–184.

SEKHAR, K.C., C.T. KAMALA, N.S. CHARY & A.R.K. SASTRY., (2004): Removal of lead from aqueous solutions using an immobilized biomaterial derived from a plant biomass, *J. Hazard. Mater.* B108, 111–117.

ULMANU, M., MARANON, E., FERNANDEZ, Y., CASTRILLON, L., ANGER, I. & DUMITRIU, D., (2003): Removal of copper and cadmium ions from diluted aqueous solutions by low cost and waste material adsorbents, *Water Air Soil Pollution*, 142: 365-373.

### Magyarország talajjavító ásványi nyersanyagainak potenciálfelmérése

Sári Katalin<sup>1</sup>, Horváth Zoltán<sup>1</sup>, Vigh Csaba<sup>1</sup>, Bodor Emese Réka<sup>1</sup>, Lantos Zoltán<sup>1</sup>,  
Barczikayné Szeiler Rita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet  
sari.katalin@mfgi.hu

#### Összefoglalás

A talajjavító ásványi nyersanyagok olyan változatos genetikájú nyersanyagok, amelyek szerkezetüknek vagy összetételüknek köszönhetően előnyösen befolyásolják a talaj tulajdonságait. Jelen tanulmányban három nyersanyagcsoport (szervesanyag-tartalmú kőzetek, karbonátos kőzetek, nemesagyagok) talajjavító tulajdonságait és hazai elterjedését mutatjuk be a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal és a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet együttműködésének keretében zajló potenciálfelmérés eredményei alapján. A projekt hosszú távú célja egy olyan térinformatikai adatbázis létrehozása, amely a talajjavító ásványi nyersanyagok minden típusára kiterjed, és az egyes előfordulásokra vonatkozóan minőségi és mennyiségi adatokat tartalmaz.

#### Summary

The genetically diverse soil amendment minerals improve the soil properties due to their structure or composition. Based on the results of mineral potential assessment carried out by the Hungarian Office of Mining and Geology and the Geological and Geophysical Institute of Hungary this paper introduces the amendment properties and occurrence of three groups of mineral commodities (organic matter bearing rocks, carbonate rocks and clays). The long term objective of the project is to develop a GIS database which covers all types of soil amendment minerals and includes quality and quantity information for each deposit.

#### Bevezetés

A talaj szerkezetét, kémhatását, vízgazdálkodását javító anyagok egy része bányászható nyersanyagként is előfordul – ezeket összefoglalóan talajjavító ásványi nyersanyagoknak nevezzük. E nyersanyagok – a műtrágyákkal szemben – ökológiai gazdálkodásban is használhatóak. Ezen kedvező adottságaik miatt különösen fontos, hogy naprakész információink legyenek e nyersanyagok elterjedéséről és reménybeli vagyónáról.

A talajjavító ásványi nyersanyagok potenciáljának felmérése a XIX. sz. második felében kezdődött Magyarországon. A hazai tőzeglápokról szóló első nagyobb összefoglaló munkát POKORNY L. (1862) állította össze, amely a tőzeglápok felsorolására és beosztására korlátozódott. 1892-ben alakult meg a Természettudományi Társulat keretében a Tőzegkutató Bizottság, amely megkezdte hazánkban a részletesebb készletfelmérési munkákat, és ezek eredményeit a Földtani Közlönyben tette közzé (STAUB, 1894). Behatóbb kutatások a XX. sz. elején kezdődtek (LÁSZLÓ & EMSZT 1915).

Időközben a lúpmedencéket nagyrészt lecsapolták, részlegesen mezőgazdasági művelés alá vonták, így a készletek jelentősen csökkentek és minőségük is változott

(láp földesedés). Szükség volt tehát új készletfelmérésekre, és az egyes medencék tőzegvagyonának pontosabb megismerésére.

A lápmedencék módszeres kutatását és a készletek első szisztematikus felmérését a Tőzegkutató Intézet végezte 1948–49-ben, 250 m-es négyzethálózatban telepített felderítő fúrásokkal. 1950 és 1953 között a Bányászati Kutató Intézet az összes jelentős tőzegterületen újabb kutatásokat végzett, az előzetes fázisú kutatás során a fúrások sűrűbb, 100\*125 m-es hálóban végezték. 1953-ban kezdődött el a lápmedencék részletes fázisú kutatása 50\*50 m-es fúrási hálózatban, amelyek már a konkrét kitermelőhelyek kijelölésére, illetve az érvényben lévő szabványok által kijelölt minőségi besorolásokra adtak lehetőséget (DÖMSÖDI, 1971, 1972).

A Központi Földtani Hivatal megbízásából 1970-ben elkészült az Előzetes Országos Tőzegkataszter (DÖMSÖDI et al., 1970), majd 1981-ben az Országos Tőzegkataszter (DÖMSÖDI, 1981). Az országos tőzeg és lápkataszter elkészítése során rendszerezésre kerültek a korábbi felmérések adatai és a nyersanyagvagyon változása, valamint új reménybeli tőzeg-előfordulások felderítése is. A tőzegkataszter az egyes lápterületekre vonatkozóan számos mennyiségi és minőségi paramétert közöl, tőzegre és láp földre lebontva.

Az elmúlt néhány évtizedben nem került sor az előbbieken említett tőzegkataszteri kutatásokhoz hasonló, nagyszabású felmérésekre. A korábbi archív adatok újrafeldolgozása (HAHN 1984, DÖMSÖDI 1999), illetve az egyes lápterületek tudományos célú (éghajlati és környezet rekonstrukció) vizsgálatai említhetők meg.

A nemesagyagok tervszerű felmérése a XIX. sz. végén kezdődött hazánkban, MATYASOVSKY J. & PETRIK (1885), PETRIK L. (1887, 1888, 1889), valamint KALECSINSZKY S. (1893, 1905, 1906) munkásságával. LIFFA (1934, 1935, 1936, 1938, 1942a, b, c) az 1930-as évektől kezdve foglalkozott a hazai kaolinlelőhelyek vizsgálatával. A XX. sz. második felében két országos kaolinkataszter is készült, 1966-ban az Országos Érc- és Ásványbányák (NAGY et al., 1966), 1985-ben pedig a Magyar Állami Földtani Intézet megbízásából (BIHARI et al., 1985).

A talajjavítási célra is alkalmas karbonátos kőzetek és a talajjavító ásványi nyersanyagok országos prognózisát az építő-, építőanyagipari és talajjavító ásványi nyersanyagok prognózisa keretében a MÁFI Területi szolgálatai készítették el 1979–1987 között. A munka eredményei azonban csak részben kerültek publikálásra. Míg a homok kavics és murva prognosztikus területek térképei a „Magyarország földtani atlasza 500 000” sorozatban nyomdába került (KÉRI & MOLNÁR 1988a,b,c), a karbonátos területek, ill. a talajjavító ásványi nyersanyagok prognózisa kiadatlan maradt.

A talajjavító ásványi nyersanyagok elterjedésével ZENTAY T. (1985) foglalkozott összefoglalóan. „Magyarország talajjavító anyagainak helyzetképe” c. munkájában röviden ismerteti az egyes nyersanyagokat és a talajjavításban betöltött szerepüket, emellett számos térképmellékletet közöl többek között a talajjavító nyersanyagok elterjedéséről, a talaj termékenységét gátló tényezőkről és a talajjavítás hazai lehetőségeiről.

2000-ben Csirik Gy. vezetésével zajlott a szilárd ásványi nyersanyagok potenciáljának felmérése a Magyar Állami Földtani Intézetben (BARÁTOSSY et al. 2000). Ennek folytatásaként indult 2013-ban HORVÁTH Z. (2014, 2013, 2015) vezetésével a „Magyarország nemfémes szilárd ásványi nyersanyagainak potenciálfelmérése” c. projekt

## Magyarország talajjavító ásványi nyersanyagainak potenciálfelmérése

---

a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) és a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI) együttműködése keretében, amely kiterjedt a talajjavító ásványi nyersanyagokra is, azonban ezeket esetenként más nyersanyagokkal összevontan kezelte (pl. agyagok, vulkanitok).

2016-ban indult kutatásunk szintén MBFH-MFGI projekt, célja a hazai talajjavító ásványi nyersanyag-potenciáljának felmérése egy olyan térinformatikai adatbázis létrehozása, amely tartalmazza e nyersanyagok prognosztikus területeit, a hozzá tartozó reménybeli vagyonadatokkal és a talajjavítást befolyásoló minőségi paraméterekkel együtt. Jelen tanulmányban négy nyersanyagcsoportot mutatunk be: a szervesanyag-tartalmú kőzeteket, a karbonátos kőzeteket, a nemesagyagokat és vulkanitokat.

### Anyag és módszer

Az egyes talajjavító ásványi nyersanyagok készletadatai illetve reménybeli vagyonuk különböző mértékben ismertek. Egyes nyersanyagtípusok esetén a korábbi részletes vizsgálatok pontosan feltárták a számításba vehető nyersanyag előfordulások helyét és minőségi paramétereit is, míg jellemzően a nagyobb elterjedésű nyersanyagok esetében még tágabb tere maradt az információk pontosításának. A lehetséges jövőbeli felhasználás szempontjából nemzetgazdaságilag fontos a nyersanyagpotenciál, a reménybeli nyersanyagvagyon (földtani feltételezések alapján becsült ásványi nyersanyag mennyisége) minél pontosabb megismerése. Mivel az egyes nyersanyagok földtani kritériumokkal jól megfogható, gyakran jellegzetes földtani képződményekhez (formációkhoz) kapcsolódnak, a nyersanyagprognózis földtani alapon elkészíthető.

A feldolgozást térinformatikai módszerekkel végeztük el, az alábbi adatbázisok felhasználásával:

- A kataszterek (pl. DÖMSÖDI, 1981) digitalizált poligonjai és vastagságadatai
- Prognosztikus területek adatbázisa, területkontúrokkal és vastagság-, valamint vagyonadatokkal
- MBFH szabad területek adatbázisa
- GeoBank, azaz a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet adatbázisa a Magyarországon mélyült fúrások és a földtani egységek adataival, jelkulcsával
- Alföldi sekélyfúrás adatbázis (2 és 5 m-es mélységben található képződmények)
- 100.000-es és 200.000-es felszíni földtani térképek, valamint ezekből származtatott, valamely nyersanyagra perspektivikus földtani képződmények térképi adatbázisa.

Az összegyűjtött adatvagyon felhasználva a következő módon végeztük a prognosztikus területek felülvizsgálatát:

- A korábbi nyilvántartásokból átvett, a prognosztikus területekkel átfedést nem mutató területek, amennyiben földtani alapokon, pl. szakirodalmi adatok alapján igazolható volt a területen prognosztikus formáció jelenléte, úgy új kódot kaptak, majd ezzel bekerültek a prognosztikus területek nyilvántartásába.
- Az átfedő területek esetén közös poligonkontúrt állapítottunk meg.
- A térképeken jelölt, bányászati letermelt területeket kivontuk a prognosztikus poligonok területéből.
- Amennyiben a földtani információ (sekélyfúrás, perspektivikus felszíni földtani képződmény) megengedte, ott nyersanyag-specifikusan kiterjesztettük a

prognosztikus terület határait. Ahol a prognosztikus terület körvonala valamely földtani képződmény körvonalát követte, ott a térképi rajzolatot átvéve, az elterjedés külső határát nagyobb mértékben is kiterjesztettük.

- Egymáshoz közel elhelyezkedő kisebb poligonokat a fűrési és térképi adatok figyelembe vételével összevontuk, ezekben az esetekben a közbezárt területrésszel nőtt a prognosztikus terület kiterjedése.
- A prognosztikus területek vagyont a poligonok területének és átlagvastagságának szorzatából számoltuk.

A további kutatásokhoz gyűjtjük az előfordulások talajjavítás szempontjából releváns minőségi paramétereit (pl. szervesanyag-tartalom, mésztartalom, ásványos összetétel) is.

Cikkünkben az alábbi nyersanyagcsoportokkal foglalkozunk:

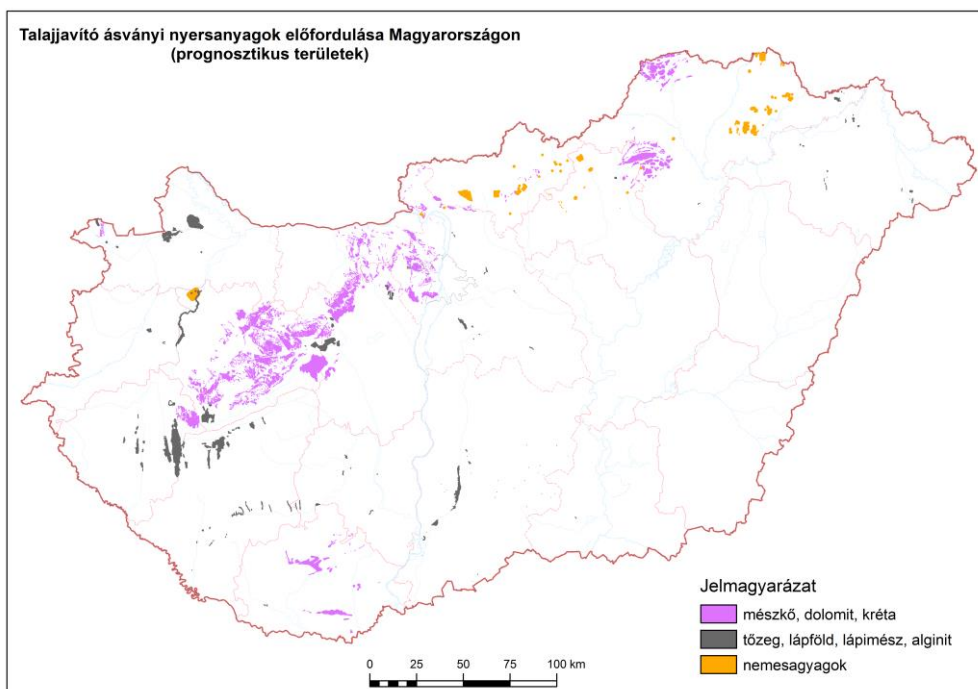
Szervesanyag-tartalmú kőzetek: tőzeg, lápföld, alginit

Nemesanyagok: bentonitos, kaolinos, illites nemesagyag

Karbonátos kőzetek: mészkő, dolomit

### Eredmények és értékelésük

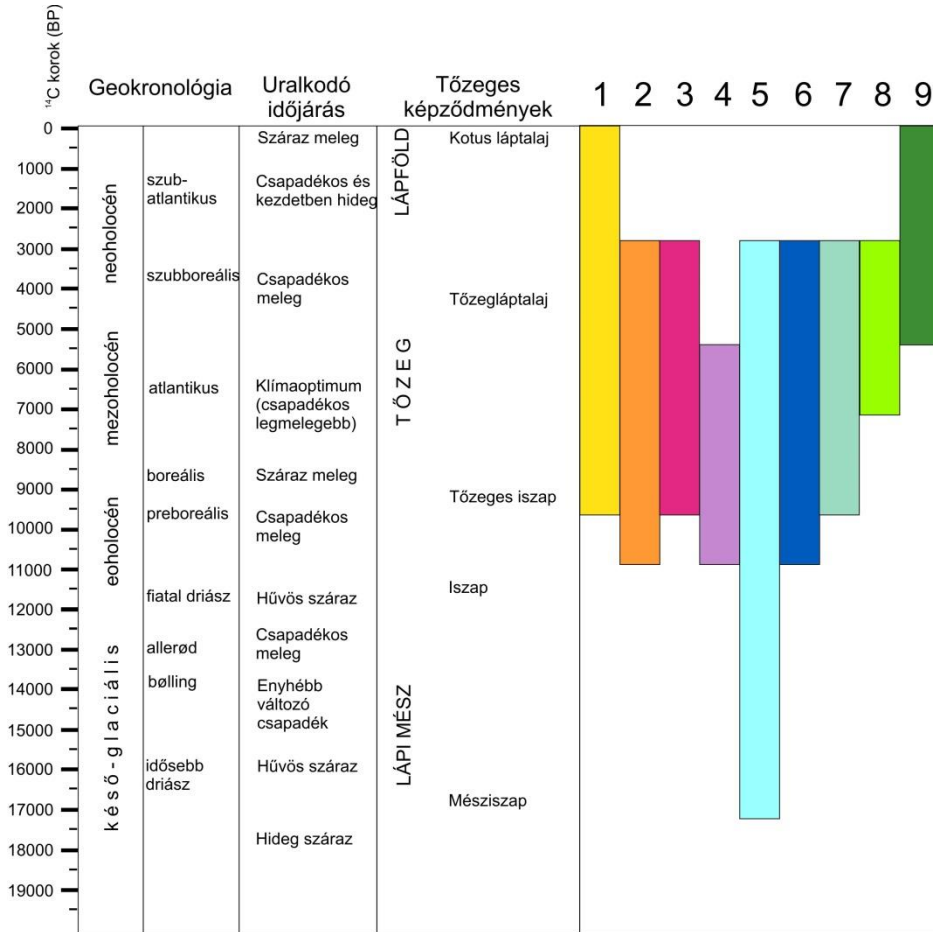
Az alábbiakban nyersanyagcsoportonként mutatjuk be az elért eredményeket. A vizsgált ásványi nyersanyagok prognosztikus hazai előterjedését az 1. ábra mutatja be.



**1. ábra: A talajjavító ásványi nyersanyagok előfordulása Magyarországon**

## Szervesanyag-tartalmú kőzetek

A tőzegek felhasználása a talajjavításban (DÖMSÖDI, 2010 alapján) a szervesanyag-utánpótlását szolgálja. Az újabb vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a talajok krónikus szervesanyag-hiánya nagymértvű szerkezetromlást okoz. A szervesanyag-utánpótlására valamennyi hazai tőzeg-, lápföldlelőhely nyersanyaga alkalmas (DÖMSÖDI, 2010). A hazai tizenkét tőzezes terület közül kilenc bír ipari jelentőséggel, ezek kor és genetika szerinti csoportosítását mutatja a 2. ábra.

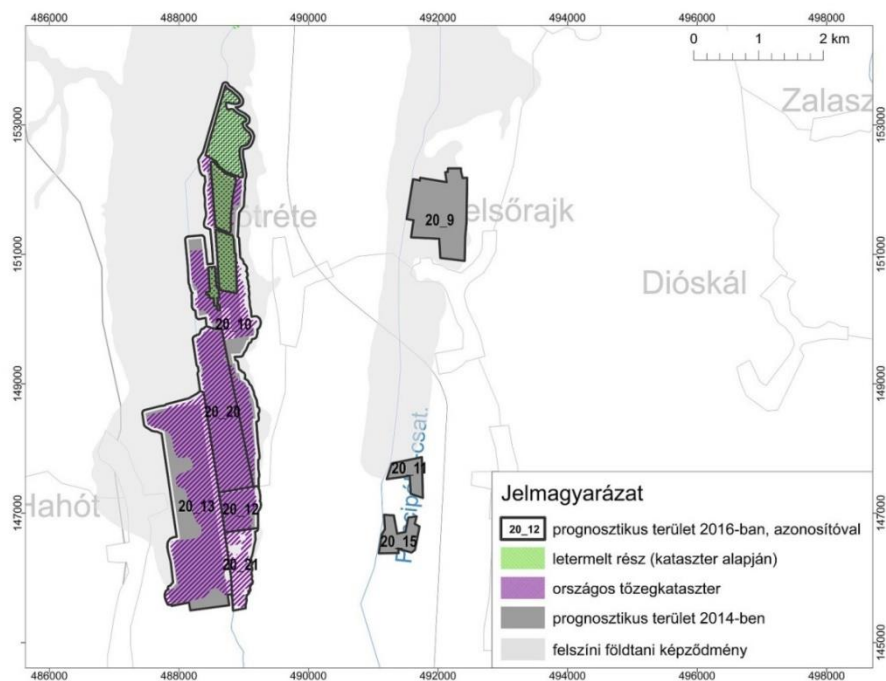


**2. ábra: A hazai tőzeglélőhelyek kor és genetika szerinti csoportosítása (BODOR in HORVÁTH et al., 2014)**

1: Fertő-Hanság, Köhida-medence; 2: Marcal-völgy; 3: Fejér megye, Sárrét; 4: Vidornyai-lápmedence; 5: Kis-Balaton és környéke, Zala-völgy; 6: Nagyberek és környéke; 7: Kapos és mellékvölgyei; 8: Duna-Tisza köze; 9: Északkelet-Magyarország

2015-ben kezdődött el az Országos Tőzegkataszter (DÖMSÖDI, 1981) tőzeg és lápföld adatainak integrálása a prognosztikus tőzeglélőhelyek térinformatikai adatbázisába. A térinformatikai feldolgozás során ahol indokolt volt, a felszíni földtani térkép és a sekélyfúrési adatok alapján kiterjesztettük az előfordulási területek határait (3. ábra). Az

átértékelést jelenleg a Duna-Tisza közi, az északkelet-magyarországi, és az északdunántúli tőzeglelőhelyekre végeztük el. Az új prognosztikus területek bevonásával és a vastagságadatok pontosabb becslésével szinte minden régióban növekedett a tőzeg-előfordulások reménybeli vagyona a 2014-es eredményekhez képest (1. táblázat).



**3. ábra: A térinformatikai feldolgozás során felhasznált elemek térképi megjelenítése egy kiválasztott dunántúli előfordulás példáján keresztül**

A tőzegeken kívül talajjavításban jelentős szerves közet az alginit, amely maar-típusú vulkánok krátereiben kialakult, lefolyástalan, eutrofizálódott tavak elhalt planktonalgáinak maradványából, illetve bazalttufa mállástermékeiből és egyéb vulkáni törmelékből keletkezett (SOLTI 1987). Az alginit a mezőgazdaságban komplex módon hasznosítható. Az alginittelepek hazai előfordulásai igen jól megkutattak (SOLTI, 2000), így jelen vizsgálatok során a már ismert lelőhelyek koordinátáinak ellenőrzése és helyesbítése történt meg, és a területeket integráltuk a készülő térinformatikai adatbázisba. A rendelkezésre álló prognosztikus vagyon összesen 143 millió m<sup>3</sup>, az előfordulások főként Veszprém, emellett Vas és Heves megyében találhatóak.



## Magyarország talajjavító ásványi nyersanyagainak potenciálfelmérése

**1. táblázat: Prognosztikus tőzegvagyon és a területek száma megyénként, HORVÁTH et al., 2014 és az új eredmények alapján**

(\*Somogy megyében nem fejeződött be a prognosztikus területek pontosítása)

megye	Prognosztikus vagyon (millió m <sup>3</sup> )		Változás a prognosztikus vagyonban		Prognosztikus területek száma	
	2014	módosított	millió m <sup>3</sup>	%	2014	módosított
Bács-Kiskun	18,24	47,44	29,20	160	45	38
Baranya	0,29				2	2
Békés						
Borsod-Abaúj-Zemplén	0,29	1,65	1,36	473	6	6
Budapest						
Csongrád	0,30	0,30	0,00	0	1	1
Fejér	49,73	61,49	11,77	24	10	11
Győr-Moson-Sopron	33,01	88,30	55,29	168	11	14
Hajdú-Bihar						
Heves						
Jász-Nagykun-Szolnok						
Komárom-Esztergom						
Nógrád						
Pest	7,95	9,26	1,32	17	5	20
Somogy*	216,93	224,07	7,14	3	35	38
Szabolcs-Szatmár-Bereg	3,61	3,58	-0,03	-1	21	28
Tolna	5,82				11	11
Vas	0,05	0,29	0,24	438	2	2
Veszprém	30,32	108,92	78,60	259	13	15
Zala	147,89	186,82	38,93	26	22	27
<b>Összesen</b>	<b>514,42</b>	<b>732,13</b>	<b>217,71</b>	<b>42</b>	<b>184</b>	<b>213</b>

### *Karbonátos kőzetek*

A tengeri, sekélytengeri vagy édesvízi környezetben képződött, túlnyomórészt biogén üledékes eredetű karbonátos kőzetek szinte mindegyike alkalmas lehet talajjavítási célra. A mészkövek talajjavításra való alkalmazhatóságát a MSZ 9693 szabvány szerint a CaCO<sub>3</sub>

( $\text{MgCO}_3$ ) tartalom (min. 80-90%), valamint az őrlemény nedvességtartalma és az oldhatóságot befolyásoló szemcsemérete szabja meg. A szabvány puha (miocén–negyedkor) és kemény (paleozoikum–eocén) mészkő-őrlemény kategóriákat különít el. Dolomitőrlemény ott használható fel talajjavításra, ahol a talajban mészhiány mellett magnéziumhiány is fennáll. Az első sorban számításba vehető mészkövek és dolomit mellett jelentős kalcium-karbonát tartalommal bírnak egyes márgák, a lápi mész, valamint a meszes altalaj is, melyek ennél fogva ugyancsak felhasználhatók a savanyú vagy szikes talajok kémiai javítására, meszezésére (ZENTAY & VITÁLIS, 1987).

A szabvány kívánalmait őrlés után gyakorlatilag bármely hazai mészkő formáció képződményei teljesíteni tudják. Számottevő kivételt a kovás, tűzköves mészkőváltozatok jelenthetnek, első sorban kedvezőtlen mechanikai tulajdonságaik miatt. Talajjavító nyersanyagként való felhasználhatóságuk szempontjából a porózus és könnyen őrlhető fiatal édesvízi mészkövek és miocén korú durva/puha mészkövek, valamint a lokálisan előforduló porlódó dolomitok a legkedvezőbbek.

A szabvány melléklete előfordulásonként sorolja fel a talajjavításra használható hazai karbonátos kőzeteket. A potenciálfelmérés során, az Intézetben korábban is alkalmazott metódus alapján (SCHAREK, 2002), kőzetrétegtani egységek, azaz formációk szerint szűrtük a felhasználható képződményeket. A kiválasztást követően 109 mészkő és dolomit formációt kaptunk, a továbbiakban ezek felszíni és felszínhez közeli elterjedését vizsgáltuk. A prognosztikus területeket Magyarország 100 000-es földtani térképén (GYALOG & SÍKHEGYI, 2005), illetve 200 000-es felszíni földtani térképén (GYALOG & BUDAI 2009) a potenciális nyersanyagként minősített formációk elterjedése alapján határoltuk le (1. ábra). A lehatároláshoz a korábbi potenciálfelmérések adatai mellett felhasználtuk az MBFH szabad terület és bányahely nyilvántartásait, valamint a MÁFI és az MGSZ egykori területi szervezetei által gyűjtött adatokat is. A térképen lehatárolt prognosztikus területek vagyonát, a potenciálisan rendelkezésre álló nyersanyag mennyiségét az MBFH bányahely nyilvántartása, a képződményeket határoló mélyfúrások adatai, valamint a karsztvízszint felszín alatti mélysége alapján számoljuk ki.

#### *Nemesagyagok*

A nemesagyagok nagy agyagásvány-tartalmú üledékek, talajjavításra a bentonitos, kaolinos és illites nemesagyag használható. A bentonitos nemesagyag montmorillonit tartalmú agyagos üledék. A bentonit erősen duzzadóképes, így előnyösen befolyásolja a homoktalajok szerkezetét és vízgazdálkodását. Nagy adszorpciós és ioncserélő képessége a tápanyag-gazdálkodásban játszik fontos szerepet. Szerves kolloiddal (pl. tőzeg, lápföld) keverve használható talajjavításra (ZENTAY & VITÁLIS, 1987). A kaolin kaolinittartalmú nemesagyag. A kaolinit a többi agyagásványhoz képest kevésbé duzzad, kationcserékapacitása alacsonyabb (STEFANOVITS et al. 1999); az ionháztartás javítására korlátozottan alkalmas. Az illites nemesagyag a talaj víz- és tápanyaggazdálkodásának javítására használható, emellett pótolja a talaj K-tartalmát (ZENTAY & VITÁLIS, 1987).

A nemesagyagok prognosztikus előfordulásainak és vagyonának felmérése a korábbi intézeti projekt keretében országos szinten megtörtént (HORVÁTH et al., 2014), azonban más agyagokkal összevontan, kevésbé részletesen. 2016-ban az Északi-középhegység területén pontosítottuk a prognosztikus nemesagyagterületeket. Összesen 120 területet jelöltünk ki, amelyek közül 61 bentonit-, 6 illit- és 53 kaolinlelőhely.

A 2014-es eredményekhez képest jelentősen csökkent a prognosztikus vagyon, a területek száma viszont kismértékben növekedett (2. táblázat). Előbbi elsősorban arra a módszertani

## Magyarország talajjavító ásványi nyersanyagainak potenciálfelmérése

különbségre vezethető vissza, hogy a nemfémek szilárd ásványi nyersanyagok potenciálfelmérése során a kiinduló területet 1 km-es pufferrónával bővítették, ha az adott nyersanyagra prognosztikus földtani képződmény volt felszínközélen (HORVÁTH et al. 2013). Jelen projekt keretében viszont nem alkalmaztunk pufferrónát, mert a nemesanyagok egy-egy földtani formációban alárendelten fordulnak elő, így a formáció jelenléte nem elegendő a nemesanyag előfordulásának feltételezéséhez; és az anyagminőség 1 km-en belül jelentősen megváltozhat. Másrészt nem vettünk át olyan nagy kiterjedésű kutatási területeket, amelyek nem csak nemesanyag-kutatási céllal lettek kijelölve. A területek számának növekedése annak köszönhető, hogy korábbi kataszterek, adattári dokumentumok alapján olyan területeket is át tudtunk venni prognosztikus területként, amelyek a bányakataszterben ill. a szabad területek nyilvántartásában nem szerepelnek.

**2. táblázat: Prognosztikus nemesanyagvagyon és a területek száma megyénként, HORVÁTH et al., 2014 és az új eredmények alapján**

Megye	Prognosztikus vagyon (millió m <sup>3</sup> )			Prognosztikus területek száma		
	2014	2016	változás	2014	2016	változás
Bács-Kiskun	0			0		
Baranya	0			0		
Békés	8 657			48		
Borsod-Abaúj-Zemplén	3 638	390	-89,3%	65	79	21,5%
Budapest	0			0		
Csongrád	812			6		
Fejér	0			0		
Győr-Moson-Sopron	0			0		
Hajdú-Bihar	2 506			12		
Heves	22 030	18	-99,9%	32	17	-46,9%
Jász-Nagykun-Szolnok	2 675			11		
Komárom-Esztergom	480			10		
Nógrád	496	352	-29,1%	10	20	100,0%
Pest	0	0,04		0	4	
Somogy	0			0		
Szabolcs-Szatmár-Bereg	46			2		
Tolna	0			0		
Vas	0			0		
Veszprém	0			0		
Zala	38			24		

## Következtetések

Az MFGI-ben zajló potenciálfelmérés keretében 2016-ban három nyersanyagcsoport, a szervesanyag-tartalmú kőzetek, a karbonátos kőzetek és a nemesanyagok prognosztikus elterjedését és reménybeli vagyonát határoztuk meg egy-egy mintaterületen. A hosszú távú cél egy országos szintű, a talajjavító ásványi nyersanyagok minden típusára kiterjedő térinformatikai adatbázis létrehozása, amely lehetővé teszi e nyersanyagok elterjedésének, mennyiségének és minőségének megismerését, és hozzájárulhat későbbi hasznosításukhoz. A készülő adatbázis mind a mezőgazdaság, mind a bányászat céljait elősegíti.

## Irodalomjegyzék

BARÁTOSSY K., BUDAI T., CSIRIK GY., JÁMBOR Á., KNAUER J., MÜLLER P., NÁDOR A., PELIKÁN P., PENTELENYI L., RADÓCZ GY., RAINCSÁK GY. & SIMON A. (2000): 2.1.1.2.2. Szilárd ásványi nyersanyagok potenciáljának felmérése. Jelentés a 2000. évben elvégzett feladatokról. Magyarország ásványi nyersanyagai. 2000. évi átdolgozott változat. Kézirat, MÁFGBA, T.20022, 110 p.

DÖMSÖDI J. (1971): Magyarország tőzeg-és lápföldkészletének előzetes felmérése. Agrokémia és talajtan 20. évf. (3) p. 411-418.

DÖMSÖDI J. (1972): Tőzeglápok földtani kutatása. Földtani Kutatás 15. évf. (3) p. 17-24.

DÖMSÖDI J. (1981): Országos Tőzegkataszter (I. Szöveges rész, II. Táblázatok, III. Térképek). MBFH adattár, Budapest Építésügyi Minőségellenőrző Intézet, Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat, Budapest.

DÖMSÖDI J. (1999): Magyarország nem fémes ásványi nyersanyag-vagyonának 1999. I.1. helyzetű mérlege. II. Talajjavító ásványi nyersanyagok. Talajjavító Nyersanyagkutatási és Tervező Iroda. Budapest. pp. 1–140.

DÖMSÖDI J. (2010): Természeti erőforrás és környezetgazdálkodás 2. Az ásványi nyersanyagok előfordulása és hasznosítása Magyarországon. Digitális Tankönyvtár

DÖMSÖDI J., DOBÁK I., FARKAS S., KAZAY GY-NÉ (1970): Előzetes Országos Tőzegkataszter. I. Szöveges rész, II. Táblázatok, III. Térképek (Műszaki, gazdasági, tervezési segédlet). Helyiipari Kutató Intézet. Budapest. MÁFGBA, T.4927, 139 p.

GYALOG L. & BUDAI T. (szerk.) (2009): Magyarország földtani térképe, M=1:200 000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

GYALOG L. & SÍKHEGYI F. (sorozatszerk.) (2005): Magyarország földtani térképe, M=1:100 000. A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.

HAHN GY. (1984): Magyarország tőzeg- és lápvagyona. Földtani kutatás 27. évf. p. 75–90.

HORVÁTH Z., BODA E., BODOR E., KERÉK B., KOLOSZÁR L., MÜLLER T., SÁRI K. & SZEILER R. (2014): 6/2014. Magyarország nemfémes szilárd ásványi nyersanyagpotenciáljának felmérése. Kézirat, MÁFGBA, T.23221 RD, 63 p.

HORVÁTH Z., BODA E., BODOR E., BODNÁR N., HALUPKA G., UJHÁZINÉ KERÉK B., KISS J., KUTASSY G., LANTOS Z., LENDVAY P., MÜLLER T., PLANK ZS., SÁRI K., SZEILER R.,

## Magyarország talajjavító ásványi nyersanyagainak potenciálfelmérése

---

VÍGH CS. & VÉRTESY L. (2015): 6/2015. Magyarország nemfémes szilárd ásványi nyersanyag-potenciáljának felmérése. Kézirat, MÁFGBA, T.23506 RD, 79 p.

HORVÁTH Z., SÁRI K., BARS I., BODOR E., DETZKY G., JENCSEL H., KERÉK B., KOLOSZÁR L., KISS J., LENDVAY P., MÜLLER T., OROSZ L., PLANK ZS., SZEILER R. & VIKOR ZS. (2013): 8/2013. Magyarország nemfémes szilárd ásványi nyersanyag potenciáljának felmérése. Kézirat, MÁFGBA, T.23122 RD, 49 p.

KALECSINSZKY S. (1893): A Magyar Korona Országainak megvizsgált agyagai és az agyagiparnál felhasználható egyéb anyagai. A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése az 1892. évről, Budapest, pp. 181–211

KALECSINSZKY S. (1905): A Magyar Korona Országainak megvizsgált agyagai. A Magyar Királyi Földtani Intézet Alkalmi kiadványa, Budapest, 218 p.

KALECSINSZKY S. (1906): A Magyar Korona Országainak tűzállóagyagra megvizsgált agyagainak átnézetes térképe; 1:900 000 – Magyar Királyi Földtani Intézet

KÉRI J. & MOLNÁR I. (szerk.) (1988a): Építőipari kavics, murva és homok prognózis 14.1 Felszínközeli elterjedési térkép (Magyarország Földtani Atlasza) 1:500 000. MÁFI, Budapest.

KÉRI J. & MOLNÁR I. (szerk.) (1988b): Építőipari kavics és murva prognózis 14.2 Prognosztikus területek térképe (Magyarország Földtani Atlasza) 1:500 000. MÁFI, Budapest.

KÉRI J. & MOLNÁR I. (szerk.) (1988c): Építőipari homok prognózis 14.3 Prognosztikus területek térképe (Magyarország Földtani Atlasza) 1:500 000. MÁFI, Budapest.

LÁSZLÓ G., EMSZT K. (1915): A tőzeglápok és előfordulásuk Magyarországon. Földtani Intézet kiadása. Budapest.

LIFFA A. (1934): Előzetes jelentés a hazai kaolin előfordulások 1934. V. 22. VI. 31-ig végzett geológiai megvizsgálásáról. Monok, Szerencs, Szegilong, Erdőbénye. Kézirat, MÁFI, Budapest.

LIFFA A. (1935): Előzetes jelentés a hazai kaolin előfordulások 1935-ik évben végzett geológiai megvizsgálásáról. Erdőbénye, Szegilong, Sima, Ond, Tapolca, Bélapátfalva, Romhány, Felsőpetény, Zámoly, Sároslód. Kézirat, MÁFI, Budapest.

LIFFA A. (1936): Jelentés a hazai kaolin előfordulások 1935-ik évben végzett geológiai megvizsgálásáról. Kézirat, MÁFI, Budapest.

LIFFA A. (1938): Jelentés a hazai kaolin előfordulások 1937-ik évben végzett geológiai megvizsgálásáról. Kézirat, MÁFI, Budapest.

LIFFA A. (1942a): Néhány hazai kaolin- és tűzálló agyagelőfordulás geológiai viszonyai. A MÁFI Évi Jelentése 1933-35. évekről, III., Budapest, 1247–1288.

LIFFA A. (1942b): Néhány geológiaiilag megvizsgált hazai kaolin- és tűzálló agyagelőfordulás. A MÁFI Évi Jelentése 1936-39. évekről, III., Budapest, 1125–1145.

LIFFA A. (1942c): A hazai tűzálló agyag- és kaolin-előfordulások 1937. évben végzett geológiai megvizsgálása. A MÁFI Évi Jelentése 1936-39. évekről, III., Budapest, 1171–1205.

- MATYASOVSKY J. & PETRIK L. (1885): Az agyag-, üveg-, cement- és ásványfesték-iparnak szolgáló mai agyagok részletes katalógusa. A Magyar Királyi Földtani Intézet Alkalmi kiadványa, Budapest, 87 p.
- MSZ 9693-1:1987 Talajjavító anyagok. Általános műszaki előírások. Magyar Szabvány, Magyar Szabványügyi Testület, 16 p.
- NAGY I., PANTÓ G., VETŐ I. & ZELENKA T. (1966): A kaolinkutatás lehetőségének felmérése. Kaolin kataszter I-II. – Országos Érc- és Ásványbányák. Kézirat, MÁFGBA, ÉMO.17416
- NÉMETH T. (2010): A talajjavítás helyzete és lehetőségei. Előadás anyag. [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027\\_FHT2/ch01.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FHT2/ch01.html)
- PETRIK L. (1887): A mai porcellánföldekről, különös tekintettel a riolitkaolinokra. A Magyar Királyi Földtani Intézet Alkalmi kiadványa, Budapest, 16 p.
- PETRIK L. (1888): A riolitos kőzetek agyagipari célokra való alkalmazhatósága. A Magyar Királyi Földtani Intézet Alkalmi kiadványa, Budapest, 17 p.
- PETRIK L. (1889): A hollóházi (radványi) riolit-kaolin. A Magyar Királyi Földtani Intézet Alkalmi kiadványa, Budapest, 10 p.
- POKORNY L. (1862): Magyarország tőzegtelepei. Matematikai és Természettudományi Közlemények II. pp. 78–144.
- SCHAREK P. (2002): A földtani képződmények nyersanyag tartalom és potenciál értékelés. Kézirat, MÁFI, Régioéológiai és Nyersanyagpotenciál osztály, Budapest.
- SOLTI G. (1987): A magyarországi alginatkutatás földtani mezőgazdasági és környezetvédelmi eredményei. (Pula, Gércse, Egyházaskesző, Várkesző), 57 p. T.14185
- SOLTI G. (2000): Talajjavítás és tápanyag-utánpótlás az ökológiai gazdálkodásban. Mezőgazda kiadó, Budapest, pp. 126-152.
- STAUB M. (1894): A tőzeg elterjedése Magyarországon. Földtani Közöny. XXIV. pp. 275–390.
- STEFANOVITS P., FILEP GY. & FÜLEKY GY. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó. p. 470.
- ZENTAY T. (1985): Magyarország talajjavító anyagainak helyzetképe. Kézirat, MÁFGBA, T.17766, 39 p.
- ZENTAY T. (1987): Ásványi nyersanyagok felhasználási lehetőségei a mezőgazdasági gyakorlatban. MÁFI jelentés és előadás anyag. Kézirat, MÁFGBA, T.14012, 25 p.
- ZENTAY T. & VITÁLIS GY. (1987): Magyarország talajjavító ásványi nyersanyagai. MÁFI, Módszertani Közlemények XI. kötet 1987/1, 120 p.

**Humuszoldat adszorpció és deszorpció kinetikájának meghatározása  
homokos talajon oszlopkísérlet segítségével**

Sebők András<sup>1</sup>, Czinkota Imre<sup>1</sup>, Fekete György<sup>1</sup>, Dálnoki Anna Boglárka<sup>1</sup>, Grósz János<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Talajtani és  
Agrokémiai Tanszék

[imre.czinkota@gmail.com](mailto:imre.czinkota@gmail.com)

<sup>2</sup>Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Vizgazdálkodási  
Tanszék

**Összefoglalás**

A globális klimatikus változásokból származó nagy intenzitású csapadékhullás laza talajokon a humuszanyagok egy részét is mobilizálhatja. Kísérleteinkben homoktalaj „A” szintjének humuszanyag megkötődését vizsgáltuk kinetikai szempontból, szimulálva a mind gyakoribbá váló, rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadék hatását. A talajvizsgálatokban a maximális megkötő képességre vonatkozó edénykísérletek az elterjedtek, azonban ezek csak az adszorbeálható mennyiségről adnak információt, a megkötődés kinetikájáról nem, ezért egy oszlop rendszerű kísérleti beállításban vizsgáltuk ezeket. A mérésben anoxikus, kétfázisú (talaj és víz) rendszert hoztunk létre, melyben egymást követték a humuszoldatos és desztillált vizes átmosások. Folyamatosan regisztrálva a koncentrációban bekövetkező változásokat nem csak az adszorbeált mennyiségről, de a megkötődés sebességéről is adatokat kaptunk. Mérve az átfolyás sebességét és az átfolyt oldat mennyiségét, kiszámolható a homokon adszorbeálódott humuszanyag retenciója és kimutatható a kétfázisú rendszerben az oldódás-megkötődés okozta fluktuáció és a humuszanyag mobilizálódása a homokos területen.

**Summary**

The growing amount of rainfall, due to global changes, can mobilize a part of humic materials in the soil. In our experiments we examined the humic material adsorption on the “A” level of sand soils from a kinetic point of view, simulating the significant amount of rainfall. In soil experiments the batch techniques are regular which give information on maximum adsorption capacity, but they provide only quantitative information about the adsorbing materials, and give no data on kinetics. Therefore, we examined them in a column experiment. In this set-up we had a two-phase (soil-water) anoxic system, in which humic solution and distilled water washes followed each-other. Measuring the changes in concentration continuously, we got not only quantitative information, but also data in the kinetic of adsorption. Monitoring the speed of the flow and the amount of flow through solution, it is possible to calculate the retention of humic materials that adsorbed on soil. In the two-phase system, retention of humic fractions, fluctuation due to adsorption and solution, and mobilization of humic materials on sand soil areas could be detected.

## Bevezetés

A környezet, az agrárgazdálkodás, és az elemek körforgása szempontjából létszükségletnek tekinthető talajaink állapotának ismerete. Magyarország területén az elmúlt években az évente lehulló csapadék átlagos mennyisége nem, de eloszlása jelentősen megváltozott (GÁCSER et al., 2014). Egyre gyakoribbá válik az intenzív, nagy mennyiségű csapadék rövid idejű lehullása. Ez a folyadékmennyiség mobilizálhatja az oldható humuszanyagokat. Célszerű megvizsgálni ezt az oldódást, annak dinamikáját, mely az egyéb, talajokban kötött anyagokat is befolyásolhatja.

A humuszanyagok jelentőségét a talajban a sokféleségük adja. Számos formában fordulhatnak elő, több osztályba sorolhatóak (jellemzően humin, huminsavak vagy fulvósavak). A talajban végbemenő interakciók jelentős részében a humuszanyagok vesznek részt, vagy közvetítőként szerepelnek bennük. Mind a talajszemcséken megkötve, mind oldott formában előfordulhatnak.

A talajvizsgálatok során elterjedtek a maximálisan megköthető mennyiségről információt adó edénykísérletek (JADA et al., 2006; PITOIS et al., 2008). A pontos szorpciós dinamikáról azonban ezek csak nehezen adnak tájékoztatást, így a megkötődés kinetikájának meghatározásához egy oszlop rendszerű kísérleti beállítást tartottunk célravezetőnek. Hasonló mérések a vizek oldott szervesanyag-tartalmának meghatározására születtek már, többek között CHI&AMY (2004), SCHREIBER et al., (2005), így ennek a módszernek az alkalmazása humuszanyagok esetén ígéretesnek tűnik.

A szorpciós modellek közül két klasszikus érdemel figyelmet: a Langmuir és a Freundlich izotermákat leíró modellek, ahogy azt HINZ (2001) vagy LIMOUSIN et al., (2007), FOO&HAMEED, (2010) leírta. A fő különbség a két modellben, hogy a Freundlich-féle megközelítés nem veszi figyelembe a felszín lassú feltöltődését, míg a Langmuir féle megközelítés számol egy szorpciós maximummal (JIANG et al., 2005). A továbbiakban ezért a Langmuir-féle megközelítést vettük figyelembe.

## Anyag és módszer

A mérés kialakításakor fontos volt, hogy a bekevert humát-oldat (SigmaAldrich nátrium-humát, CAS:68131-04-4) pontosan mérhető módon haladjon át a rendszeren. A mérésben anoxikus, kétfázisú (talaj és víz) rendszert hoztunk létre, melyben egymást követték a humuszoldatos és desztillált vizes atmoszféra. A kísérleti elrendezés: két tartályban, külön a desztillált víz és az előre bekevert humát-oldat (100 mg/l-es koncentráció), melyek egy Y-csőven keresztül csatlakoznak a töltetes oszlophoz. Az oszlopban (üvegszűrőkön keresztül, a töltet benntartásához) 6x14 centiméter magasan fóti homok került, mely a kísérleti terület „A” szintjéből lett mintázva. A kifolyó oldatot egy UV-VIS spektrofotométerbe vezettük (OceanOptics típus), amely folyamatosan (5,88 spektrum/sec) teljes spektrumot vett fel (188-668 nm közötti tartományban, fél nanométerenként mérve).

Fontos megjegyezni, a kísérlet mérése előtt a rendszert desztillált vízzel feltöltöttük, és minden részletében levegőmentesítettük (a mérési pontatlanságok megelőzése végett, a buborékok zavarják a fénysugár útját). Az átfolyás be lett szabályozva 1 ml/sec sebességre.



## Humuszoldat adszorpciós és deszorpciós kinetikájának meghatározása homokos talajon oszlopkísérlet segítségével

A kísérlet menetét három szakaszra lehet bontani:

- Első szakasz: desztillált vízzel a kolloid részek kimosása, melyek a mérés során zavart okoznak, illetve az első pár perces időszakban kimosódnak természetes körülmények között. Ez a szakasz 15 perces folyamatos átmosatást jelent.
- Második szakasz, adszorpció: egy szelep átkapcsolásával az előre bekészített 100 mg/l koncentrációjú humuszoldat ráengedése történt meg az oszlopra. Ennek a szakasznak 15 perces futásideje volt, előkísérletek alapján ennyi idő alatt beáll a szorpció, és jól detektálható a szorpció lefutási görbéje.
- Harmadik szakasz, deszorpció: egy szelep átkapcsolásával ismét tiszta desztillált vizet folytattunk át a rendszeren, és mértük a deszorpciót. 30 perc folyamatos folyadékáramoltatás után lekapcsoltuk a rendszert.

Az OceanOptics cég programja (SpectraSuit) által generált mérési adatok egy táblázatba lettek foglalva, majd az Origin60 program segítségével feldolgozásra kerültek, mely eredményeket a következő fejezet tartalmazza.

### Eredmények és értékelésük

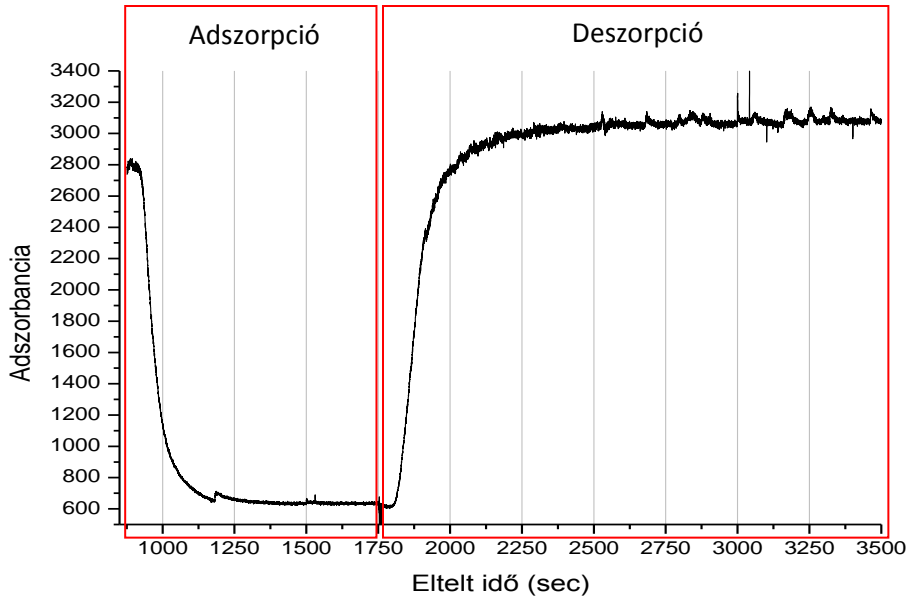
A minták a felső, „A” szintből lettek megmintázva A laborvizsgálatok eredménye alapján (1. táblázat) a szóban forgó főtí talaj homoktalaj.

**1. táblázat: A főtí homok általános talajvizsgálatának eredménye**

Arany-féle kötöttség	CaCO <sub>3</sub> tartalom (%)	pH (KCl)	pH (H <sub>2</sub> O)	Humusz-tartalom (%)	Izzítási veszteség (%)
22	0,96	7,5	7,7	0,8	0,23

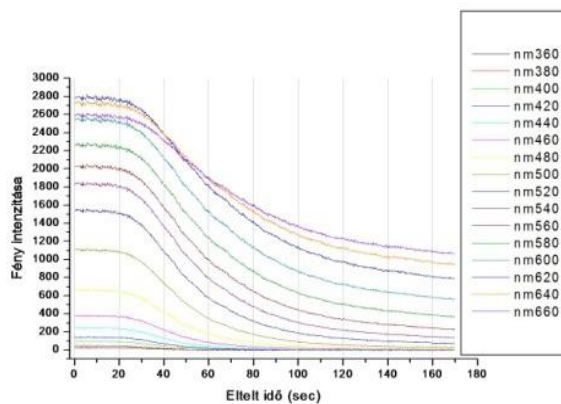
Ezt a talajt tömörítés mentesen töltöttük az oszlopba, a módszer c. fejezetben leírt módon pedig elvégeztük a szorpció kísérletet. Az ott ismertetett szakaszok közül a második és harmadik (adszorpciós és deszorpciós) szakaszok futásának eredménye látható az 1. ábrán. Érdeemes megfigyelni, hogy az adszorpciós szakasz jóval hamarabb éri el az áttörési szakaszt, mint a deszorpciós folyamat során a teljes kimosódást.

A rendszer légmentesítése nagyon fontos, megfigyelhetőek az apró kiugrások a folyamatos mérés során. Ezek okai valószínűsíthetően a mikrobuborékok (a porózus közeg réseiből szabadulnak fel a mérés során), melyek felületén a méréshez használt spektrofotométer fénysugarát szétszórja, befolyásolva a mért értékeket. A sűrű mérési időszakok (5,88 spektrum/sec) ezt a problémát orvosolja, csökkenti a tévedés lehetőségét.



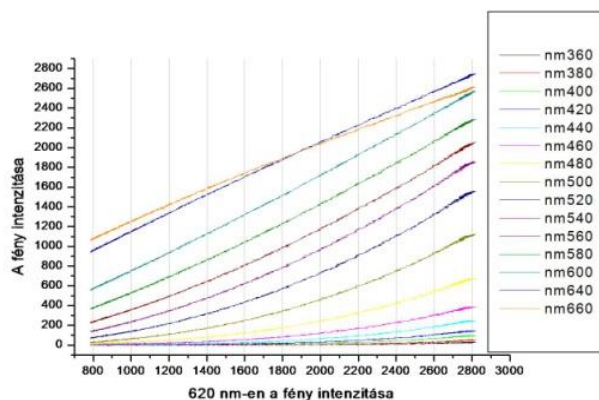
1. ábra: 100 mg/l koncentrációjú humát-oldat szorpciós képe főtí homokon.

A 2-7. ábrákon a mért eredmények elemzése láthatóak. Mindkét esetben (adszorpció és deszorpció) a mért spektrumból feltüntetésre kerültek 20 nanométerenként a hullámhosszak (2a. és 3a. ábrák). Érdekes megfigyelni, hogy 620 nanométer környékén a legnagyobb a fényelnyelés intenzitásának a különbsége. A magasabb hullámhosszakon és az alacsonyabbakon elmarad ettől. A 2b. és 3b. ábrák tartalmazzák a 620 nanométeres elnyelés eredményeihez képest (x tengely) a többi hullámhossz intenzitását (y tengely). A görbék eltérése utal az intenzitáskülönbségre, a lineáristól való eltérés pedig a szorpciós kinetikájában bekövetkező változásra (retenció).

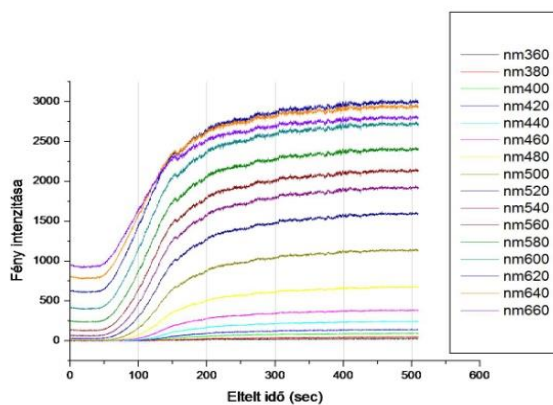


2a. ábra: Az adszorpciós izoterma alakja 20 nm-ként ábrázolva.

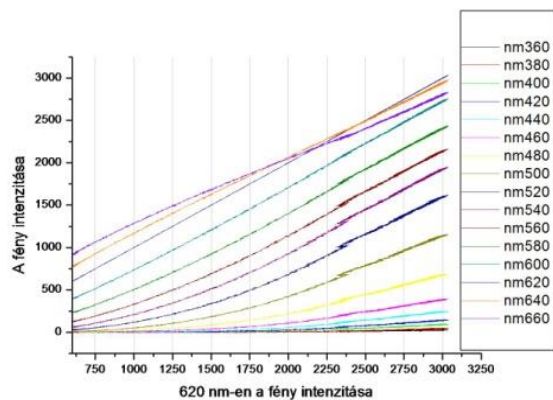
## Humuszoldat adszorpció és deszorpció kinetikájának meghatározása homokos talajon oszlopkísérlet segítségével



2b. ábra: Az izotermák ábrázolása a 620 nm-es méréshez képest.



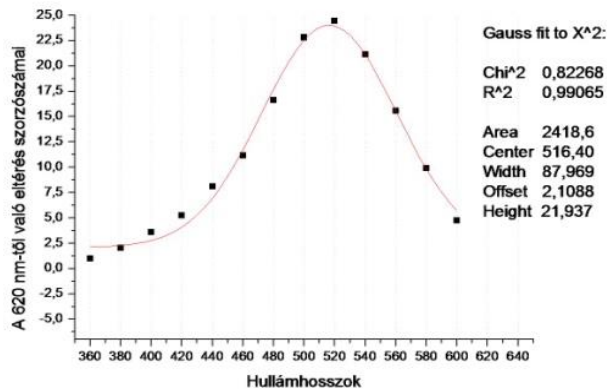
3a. ábra (balra): A deszorpció izoterma alakja 20 nm-ként ábrázolva.



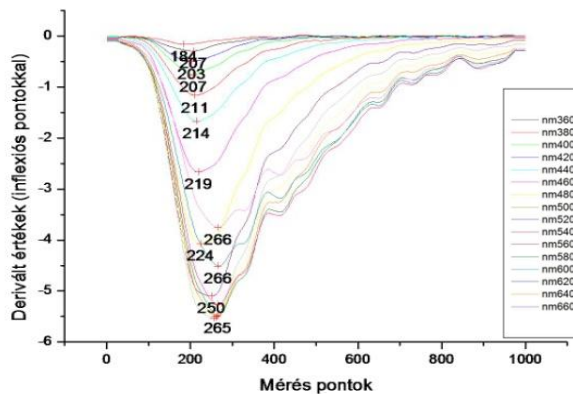
3b. ábra (jobbra): Az izotermák ábrázolása a 620 nm-es méréshez képest.

A 4a. és 5a. ábrák tartalmazzák ezeknek a görbéknek (másodfokú polinomok illesztése) az együtthatóját (az eltérés mértéke), melyek ábrázolva egy koordináta-rendszerben Gauss-eloszlást mutatnak (azaz normál eloszlású ez a kinetikai tulajdonság). Ezek a Gauss-görbék nem szimmetrikusak, mert a műszer felső határa miatt nem sikerült mérési pontokat felvenni magasabb hullámhossz tartományokban.

A 4b és 5b. ábrák az eredeti izotermák (2a. és 3a. ábrák) derivált értékeit ábrázolják. A legalacsonyabb (adszorpció esetén, deszorpciónál a legmagasabb) értékek jelzik a szigmoid függvények inflexiós pontjait. Ezek a pontok jelzik az adott hullámhosszon észlelhető maximális ad- vagy deszorpciós sebességgel rendelkező (inflexiós) pontokat.

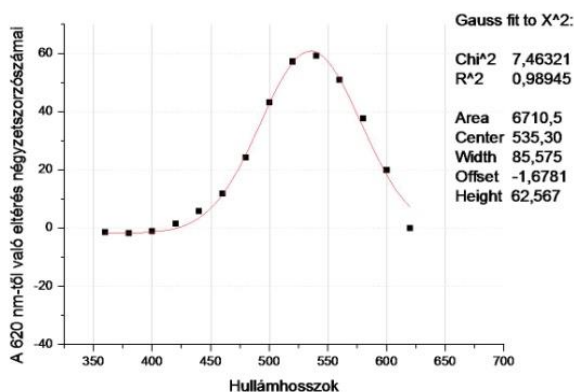


4a. ábra : A 2a. ábra illesztett függvényeinek másodfokú tagjainak együtthatói, Gauss eloszlás.

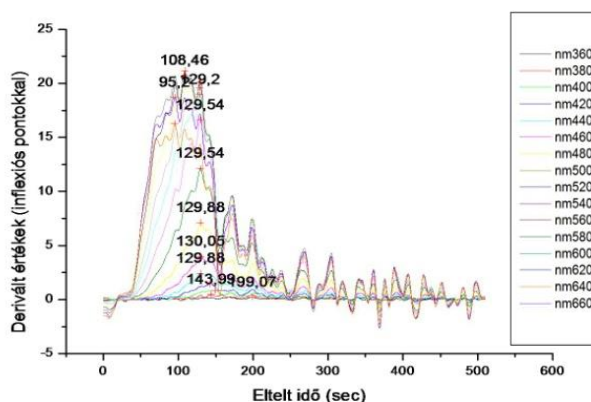


4b. ábra: Az izotermák inflexiós pontjainak ábrázolása.

## Humuszoldat adszorpció és deszorpció kinetikájának meghatározása homokos talajon oszlopkísérlet segítségével



5a. ábra: A 3a. ábra ábra illesztett függvényeinek másodfokú tagjainak együtthatói, Gauss-eloszlás.

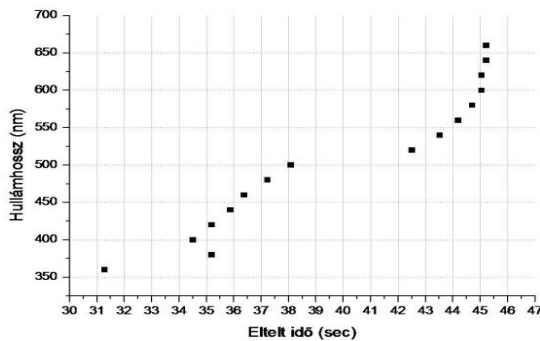


5b. ábra: Az izotermák inflexiós pontjainak ábrázolása.

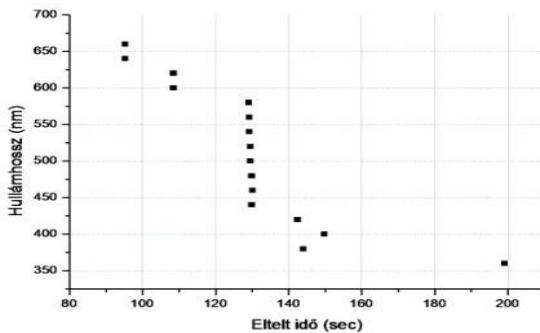
Abban az esetben, ha egy anyag vagy keverék ugyanolyan kinetikával szorbeálódik egy felületen, azaz nincs retenció (eltérés) a komponensek sebessége közt, ezek a maximum pontok egyszerre észlelhetők a különböző hullámhosszakon. Az 4b. és 5b. ábrán látható, hogy ez nem így történt. Ha a pontokat egy koordináta-rendszerben külön ábrázoljuk (6. és 7. ábrák), akkor jól látható, hogy ezek a maximum pontok elkülöníthetők időben egymástól.

Az adszorpció esetén két csoportra bonthatók az észlelt maximumok (31-36 másodperc között a 360-500 nanométeren, és 42,5-45 másodperc között az 520-660 nm között). A különbség markáns, jól elkülöníthető.

A deszorpció esetén ez a különbség már nem ilyen egyértelmű. A hullámhosszok maximuma fordított sorrendben érkezik, először a 660-600 nm tartomány érkezik meg (95-110 másodperc környékén), majd 580-440 nm tartományban található humát-anyagok érkeznek meg (130 másodperc), végül 440 nm alatti tartományok (140-150 másodperc, illetve a 200. másodpercben a 360 nanométeren mért érték).



6. ábra: A hullámhosszok maximum adszorpciós pontjának észlelési ideje



7. ábra: A hullámhosszok maximum deszorpciós pontjának észlelési ideje

Ezek az értékek összhangban vannak korábbi megállapításokkal (HARGITAI, 1963), miszerint az eltérő molekulásúlyú frakciók eltérő sebességgel kötődnek meg a talajszemcsék felületén. Következtetésünk, hogy az oszlop rendszerű kísérleti beállítás, folyamatos spektrometriás méréssel kiegészítve alkalmas a kinetikai paraméterek mérésére, és jól elkülöníthetők egymástól a különböző hullámhosszon detektálható frakciók. Szintén érdekesség, hogy ezeknek a kinetikája is leírható, szemben az edény-rendszerű mérésekkel, melyek nem adnak egyértelmű választ a humát-anyagok megkötődésének-oldódásának dinamikájára.

A kétfázisú, szilárd-folyadék rendszerben, mint a telített talaj, lehetséges a molekulásúly szerinti fracionálás. A talajrészecskék felületén (a méréseink alapján) történik egy elválasztás, és eltérő molekulásúly szerint, késleltetve érkeznek meg a frakciók egymáshoz képest (6. és 7. ábra).

### Összefoglalás

Mint azt a bevezetésben is felvetettük, jól kimutatható, hogy a talajoszlop-rendszerű vizsgálat pontosan nyomon követhető eredményt ad, a sűrű mérési időközök pedig jól leírható kinetikát eredményeznek. Az eredmények tételesen összefoglalva:

## **Humuszoldat adszorpció és deszorpció kinetikájának meghatározása homokos talajon oszlopkísérlet segítségével**

---

- Az oldódás-megkötődés okozta humuszanyag mobilizálódás dinamikája jól leírható a kapott eredmények alapján, melyek elemzése rámutat a humát-frakciók közti retencióra.
- Érdemes megvizsgálni a humát-frakciókat, hogy magyarázatot kapjunk a tapasztalt (eltérő) retenciókra, mely az adszorpció esetén jóval markánsabb képet mutatott a deszorpció eredményéhez képest. Mindkét esetben megfigyelhető a szétválás az oszlopon való áthaladás hatására.
- A különböző hullámhosszok a legnagyobb intenzitáshoz képest egyenletes (Gauss-féle) eloszlást mutatnak az intenzitás csökkenésben. Ezek alapján érdemes lehet megvizsgálni, szimulálható-e a köztes hullámhosszokon a szorpció izoterma matematikai modellje.
- A kétfázisú rendszerben észlelhető volt egy frakcionálódás, mely a talajoszlop felületén bekövetkező, valószínűsíthetően az eltérő molekulásúlyú frakciók megkötődésében bekövetkező retenciónak tudható be.
- Kimutatható volt a kétfázisú rendszerben tapasztalható szorpció hiszterézis.

A következőkben érdemes lehet eltérő koncentráción is megvizsgálni ezt a retenciót, mely az oszlop felületén következett be, és az eltérő humusz frakciók eltérő megkötődését jelenti. Az oszlop jellegű kísérletek ígéretes alternatívát kínálnak az edény-rendszerű kísérletekkel szemben.

### **Irodalomjegyzék**

- F.-H. CHI & G. L. AMY (2004): Kinetic study on the sorption of dissolved natural organic matter onto different aquifer materials: the effects of hydrophobicity and functional groups, *Journal of Colloid and Interface Science* (274), 380-391 pp.
- K. Y. FOO & B. H. HAMEED (2010): Insights into the modeling of adsorption isotherm systems, *Chemical Engineering Journal* (156), 2-10 pp.
- GÁCSER V., LAKATOS M., ÉS MOLNÁR Á. (2014): Változik-e éghajlatunk? Magyarországi trendek, szélsőségek, *Iskolakultúra* (2014/11-12), 13-27 pp.
- HARGITAI L (1963): Humuszanyagok minőségének vizsgálata, ultraibolya spektrumaik alapján, *MTA Agrártudományi Osztály Közlemények* (22), 225-240 pp.
- C. HINZ (2001): Description of sorption data with isotherm equations, *Geoderma* (99), 225-243 pp.
- JADA, A. AKBUR R. A. & DOUCH J. (2006): Surface charge and adsorption from water onto quartz sand of humic acid, *Chemosphere* (64), 1287-1295 pp.
- JIANG, W. ZHANG, S. SHAN, X. FENG, M. ZU & Y. G & MCLAREN R. G. (2005): Adsorption of arsenate on soils. Part 1: Laboratory batch experiments using 16 Chinese soils with different physicochemical properties, *Environmental Pollution* (138), 278-284 pp.
- G. LIMOUSIN, J.-P. GAUDET, L. CHARLET, S. SZENKNECT, V. BARTHE`S & M. KRIMISSA (2007): Sorption isotherms: A review on physical bases, modeling and measurement, *Applied Geochemistry* (22), 249-275 pp.

A. PITOIS, L. G. ABRAHAMSEN, P. I. IVANOV & N. D. BRYAN (2008): Humic acid sorption onto a quartz sand surface: A kinetic study and insight into fractionation, *Journal of Colloid and Interface Science* (325), 93-100 pp.

B. SCHREIBER, T. BRINKMANN, V. SCHMALZ & E. WORCH (2005): Adsorption of dissolved organic matter onto activated carbon – the influence of temperature, adsorption wavelength, and molecular size, *Water research* (39), 3449-3456 pp.



**Eltérő talajművelés hatására megváltozott talaj néhány fizikai és kémia jellemzőjének összefüggése**

*Tolner Imre Tibor<sup>1</sup>, Szalay Kornél<sup>2</sup>, Jolánkai Márton<sup>3</sup>, Birkás Márta<sup>3</sup>, Pósa Barnabás<sup>3</sup>, Neményi Miklós<sup>1</sup>, Fenyvesi László<sup>2</sup>, Tolner László<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup>Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar, H-9200 Mosonmagyaróvár Vár 2.*

*e-mail: [tolner.imre@mtk.nyme.hu](mailto:tolner.imre@mtk.nyme.hu)*

*<sup>2</sup>NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézete, Gödöllő*

*<sup>3</sup>Szent István Egyetem, MKK, Növénytermesztési Intézet*

*<sup>4</sup>Szent István Egyetem, MKK, Környezettudományi Intézet, Gödöllő*

**Összefoglalás**

A talajművelés hatására olyan kémiai és fizikai változások történnek a talajokban, amelyek megváltoztathatják a talaj optikai tulajdonságait is. Vizsgálatainkat a Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaságban 2002-ben állított talajművelési tartamkísérlet talajmintáin végeztük. A hat különböző talajművelési stratégia szerint folytatott gazdálkodás eredményeként a talaj felső rétegében létrejött változásokat tanulmányoztuk. A talajminták hiperspektrális reflexióját laboratóriumi körülmények között ASD FieldSpec® 3 Max hordozható spektrométer segítségével vizsgáltuk. Azt tapasztaltuk, hogy az alkalmazott spektrális módszerek alkalmasak voltak a talajművelés által kiváltott higroszkóposág és a humusz minőség meghatározására.

**Summary**

By the effect of tillage such chemical and physical changes occur in soils that can change the optical properties of soils. Our experiments were carried out on soil samples from the Józsefmajor Experimental Farm of Szent István University where long-term tillage experiments started in 2002. We investigated the changes on topsoil samples that were formed due to the six different tillage strategies. Hyperspectral reflectance of soil samples were measured by ASD FieldSpec® 3 Max portable spectroradiometer in the laboratory. It was found that the spectral methods applied proved to be reliable determining soil humus quality and hygroscopicity induced by various tillage practices.

**Bevezetés**

A talajművelés hatására, annak intenzitásától függően több levegő jut a talajba. Az növelheti a mikrobiális aktivitást, gyorsítja a talaj szervesanyag-tartalmának átalakulását. A lebontó folyamatok eredményeképpen csökkenhet a humusz mennyisége és megváltozhat a humusz minősége. A humusztartalmon belül nőhet az érettebb huminsavak és huminanyagok aránya. A művelés hatására növekedhet a növényi produkció, így nőhet a talajba jutó friss szerves maradványok mennyisége, amely mind mennyiségi, mind minőségi szempontból ellentétes irányú folyamatot eredményez.

A mikroszervezetek a szerves maradványok makromolekuláit energiaforrásként hasznosítják. A könnyebben bontható molekularészleteket széndioxiddá és vízzé oxidálják és a maradékot és kisebb méretű egyre nehezebben bontható szerves molekulák alkotják (STEFANOVITS et al., 1999). A nehezebb bontható részek azután újra polimerizálódnak, és egyre nagyobb méretű, több nitrogént, aromás és kettős kötést tartalmazó molekularészleteket sötétebb színű anyagot alkotva (FILEP, 1988; NÉMETH, 1996). Kisebb molekulatömegű fulvósavak világos sárga, míg a huminsavak és a humuszanyagok sötét színűek. A humuszkivonatok színe jellemző a humusz minőségére. A 465 és a 665 nm-en mért abszorbancia értékek aránya (E4/E6) összefüggésben van a humusz molekulák kondenzációs fokával, az aromás rendszerek jelenlétével és a széntartalommal (KONOVA, 1966; SCHNITZER & KHAN, 1972; GHOSH & SCHNITZER, 1979). Amennyiben a humuszt fiatalabb, nagyobb arányban a fulvósavak alkotják, akkor az E4/E6 érték magasabb (6-8,5), amennyiben a humusz érettebb jobb minőségű huminsavak dominálnak az E4/E6 arány 5-nél kisebb értéket ad (STEVENSON, 1994). Folyóvízben oldott nagy fulvósav arány esetén az E4/E6 arány 20 feletti is lehet (CHIN et al., 1994). Bioszénnel kezelt talajon 2,7-es arányt is mértek a kezelést követő 35. évben (RÉTHÁTI et al., 2015), ami jelentős csökkenés a talaj eredeti 5,7-es E4/E6 arányához képest.

A talajművelés hatására bekövetkezett változások egy része megfigyelhető távérzékeléssel is. A NAIK Mezőgazdasági Gépesítési Intézet és a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet által közösen üzemeltetett légi hiperspektrális képalkotó szenzor az AISA DUAL nagy területen képes a vizsgált felszínről információt gyűjteni. A NAIK MGI ASD FieldSpec® 3 Max hordozható spektrométere pedig költséghatékony pontszerű méréseket tesz lehetővé terepen és laboratóriumi körülmények között egyaránt kiváló lehetőséget nyújt az alapösszefüggések feltárására. A műszerek spektrális hullámhossz-tartománya a 350 nm és 2500 nm közé esik. A talaj víztartalma erősen befolyásolja a távérzékeléssel vizsgálható hiperspektrális reflexiós spektrumot is (MILICS et al., 2004; NEMÉNYI et al., 2008; TOLNER et al., 2013; TOLNER et al., 2015). KALIETA (2003) a talaj felső 6 cm-es rétegének vezetőképesség mérésén alapuló nedvességtartalma és a hiperspektrális távérzékelési adatok között jó összefüggést talált. Az összefüggés alkalmas volt a helyszínen mért pontszerű adatok területi kiterjesztésére. A talaj nedvesedésének és száradásának távérzékeléses vizsgálata közvetve alkalmas egyéb talajtulajdonságok, így a talajsavanyúság, vagy a szikességének vizsgálatára is (TOLNER et al., 2012; FEKETE et al., 2016).

### Anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaságban 2002-ben állított talajművelési tartamkísérlet (BIRKÁS, 2010) parcelláinak középvezetékében vettük. A talaj kilúgzott csernozjom (Calcic Chernozem, WRB, 2006). A tartamkísérlet egytényezős, sávos véletlen elrendezésű, négyismétléses, hatféle kezelés hatásának összehasonlítására. A kezelések: direktvetés, sekély tárcsás (12–15 cm), sekély és középmedély kultivátoros (15 cm és 25 cm) művelés, szántás felszíni elmunkálással (32-33 cm), és lazítás (40 cm).

A talajminták hiperspektrális reflexióját laboratóriumi körülmények között ASD FieldSpec® 3 Max hordozható spektrométer segítségével vizsgáltuk.

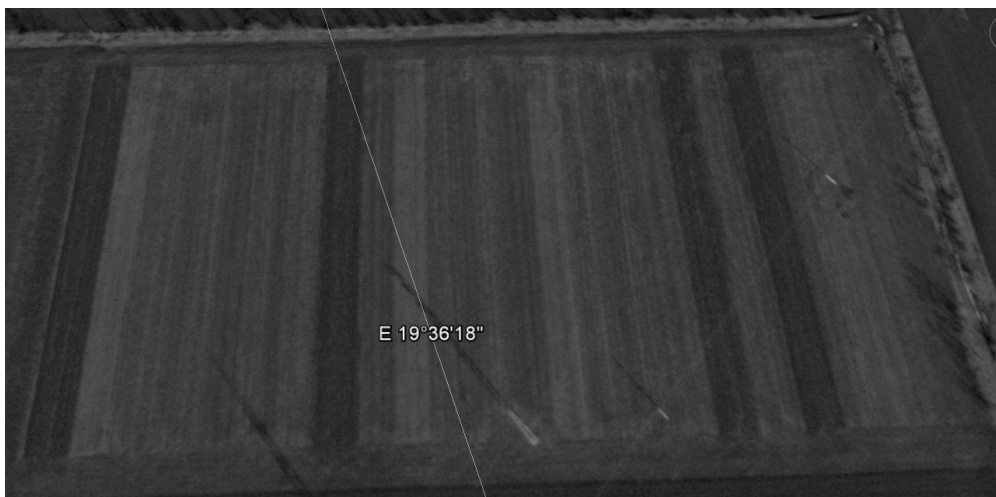
## Eltérő talajművelés hatására megváltozott talaj néhány fizikai és kémia jellemzőjének összefüggése

---

A varianciaanalíziseket a SVÁB (1981) által megadott algoritmus alapján Excel Makróban megírt programmal számítottuk.

### Eredmények és Értékelésük

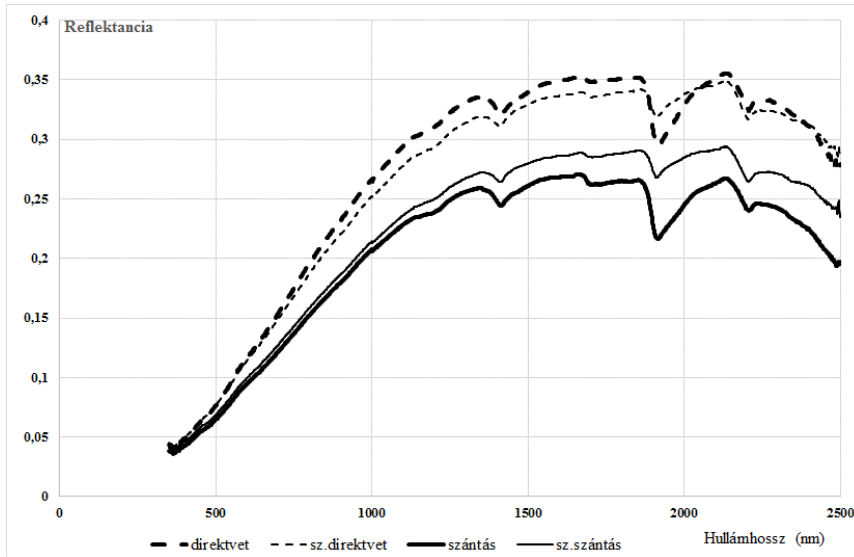
A különbségek a látható tartományban készült Google-Earth felvételen is láthatóak (1.ábra).



**1. ábra. Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti és Tangazdaságban 2002-ben állított talajművelési tartamkísérlet (Google-Earth felvétel)**

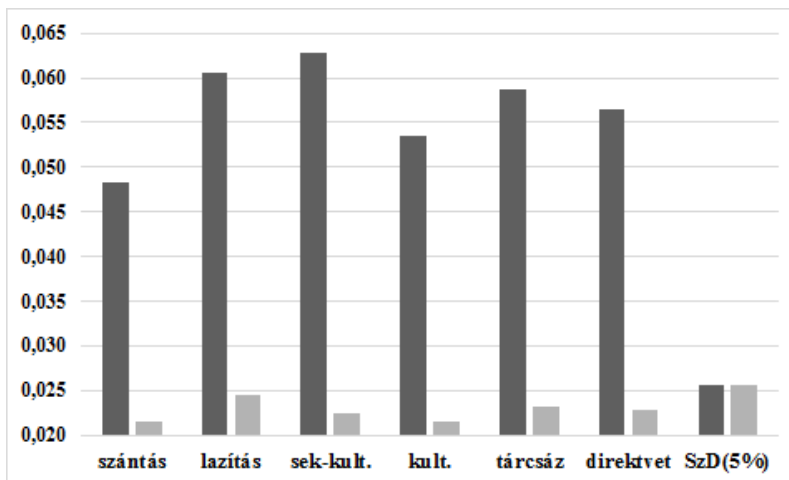
A 2016.01.16.-án készült felvételen leginkább elkülönülő négy sötétebb sáv a szántott parcellákat mutatja. A többi parcella világosabb színét a felületen levő mulcs okozhatja. A távérzékeléssel megfigyelhető optikai hatás elemzésére a 24 parcellából felszíni talajmintát vettünk. A mintákat kétféle nedvességtartalom mellett laboratóriumi körülmények között ASD FieldSpec ® 3 Max spektrométerrel megvizsgáltuk.

A négy különböző pozícióban felvett spektrumokból 48 átlagot számítottunk. A 2. ábrán a Tyurin féle humuszvizsgálatok (BUZÁS, 1988) alapján legalacsonyabb humusztartalmú szántott kezelés légszáraz (szántás), 105 °C fokon szárított (sz.szántás) és a legmagasabb humusztartalmú direktvetés légszáraz (direktvet), 105 °C fokon szárított (sz.direktvet) mintáinak reflexiós spektruma látható 350-2500 nm-es tartományban.



**2. ábra. A szántott (szántás) és a direktvetés (direktvet) légszárász minták reflektancia spektruma. A 105 °C-on száritott minták vékonyabb vonallal és (sz) előtaggal jelölve.**

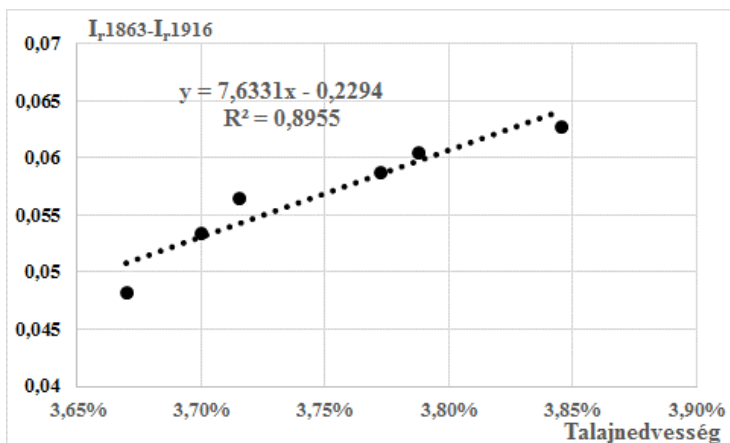
Korábbi munkáink során a talajnedvesség és a spektrum jellemzőinek vizsgálatánál a talajnedvesség és az 1916 nm-en jelentkező (vízre jellemző) abszorpciós csúcs közötti összefüggést vizsgáltuk. Az összefüggés itt is jól látszik a 105 °C-on száritott minták esetén ez a csúcs jóval kisebb, mint légszárász állapotban. A csúcsok (1860 nm és 1916 nm reflektancia értékek különbsége) varianciaanalízis segítségével jól elkülöníthetők (3. ábra).



**3. ábra. Az 1916 nm-en tapasztalható reflektancia csökkenés (I<sub>r</sub>1863-I<sub>r</sub>1916) a minták légszárász (sötétebb oszlopok) és 105 °C-on száritott állapotában (világosabb oszlopok).**

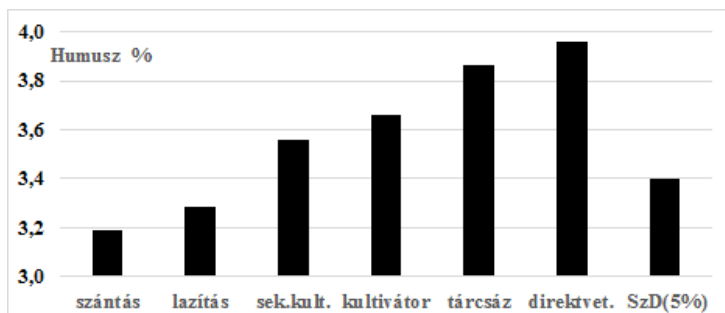
## Eltérő talajművelés hatására megváltozott talaj néhány fizikai és kémia jellemzőjének összefüggése

Az eltérő talajművelési stratégiák hatása jól látható eltéréseket okozott a légszáras minták esetében. A légszáras és a 105 °C-on kiszáritott talajminták tömegkülönbsége a levegő nedvességtartalmával egyensúlyban levő - higroszkóposan kötött víznek megfelelő - talajnedvesség értéket adott. Ezzel a nedvességértékkel, ahogy azt korábbi munkáink során is tapasztaltuk szoros összefüggésben van az - a légszáras talajmintákon mért - 1916 nm-en tapasztalható reflektancia csökkenés (4. ábra).



4. ábra. A talajminták légnedvességgel egyensúlyban levő nedvességtartalma és a légszáras talajmintákon mért - 1916 nm-en tapasztalható reflektancia csökkenés összefüggése.

Az eltérő talajművelési stratégiák hatására eltérések jelentkeztek a humusz mennyiségében is (5. ábra).



5. ábra. Az eltérő talajművelési stratégiák hatása a talaj humusz-tartalmára.

Sem a légnedvességgel egyensúlyban levő nedvességtartalom ( $R^2=0,006$ ), sem az 1916 nm-en tapasztalható reflektancia csökkenés ( $R^2=0,084$ ) nem mutatott összefüggést a humusz mennyiségével. Ha a talaj nedvességmegkötő képessége nem függött a kezelések hatására megváltozott humusz mennyiségétől, akkor vajon függ-e annak minőségétől? A humuszminőség jellemzésére használt E4/E6 arányt humuszkirovat adatok 465 és 665 nm-en mért abszorbanciájának ( $A_{465}$ ,  $A_{665}$ ) vizsgálata alapján lehet meghatározni. Ilyen vizsgálatokat mi nem végeztünk, de mivel 350-2500 nm hullámhossz-tartományban megmértük a minták reflexiós spektrumát, rendelkezünk ezeken a hullámhosszakon a reflektancia értékekkel. A reflektancia csökkenés összefügg a fény elnyelődésével.

A transzmittancia ( $T$ ) az anyagon átjutott fény intenzitásának ( $I$ ) és a beeső fény ( $I_0$ ) hányadosa. Az átjutott fény intenzitása függ a fény útjában levő anyag minőségétől, koncentrációjától és a fényút hosszától. A transzmittancia negatív logaritmusosa az abszorbancia ( $A$ ). Az abszorbancia ( $A$ ) arányos a fényelnyelő anyagot tartalmazó oldat koncentrációjával.

$$T = \frac{I}{I_0} \qquad A = -\lg(T)$$

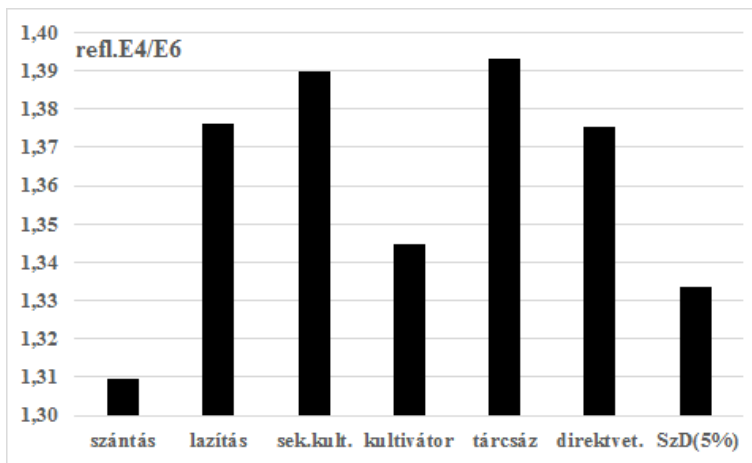
Állandó fényúthossz (egyforma küvetta), és azonos beeső fényintenzitás ( $I_0$ ) esetén a transzmittancia ( $T$ ) csak az oldat koncentrációjától, a fényelnyelő anyag minőségétől függő átjutott fény ( $I$ ) intenzitásával arányos. Az oldat koncentrációja ebben az esetben az átjutott fény intenzitásának ( $I$ ) negatív logaritmusával arányos.

Reflexió esetén a beeső fény az anyagi minőségtől függően részben elnyelődik, részben visszaverődik. Tehát állandó beeső fény intenzitás esetén a reflektált fény intenzitása ( $I_r$ ) hasonlóan jellemző lehet, mint fényelnyelés esetén a transzmittancia ( $T_r$ ). Az így számított  $T_r$  érték nem azonos, de lineáris összefüggésben lehet a fényelnyeléskor mért-számított  $T$  értékkel. Az E4/E6 értékhez szükséges abszorbancia ( $A_r$ ) értékeket ennek megfelelően számítottuk:

$$A_{r\ 465nm} = -\lg(I_{r\ 465nm}) \qquad A_{r\ 665nm} = -\lg(I_{r\ 665nm})$$

A reflektancia mérés alapján számított reflexiós E4/E6 arányokat ( $E4/E6_r$ ) fenti két  $A_r$  abszorbancia érték hányadosaként számítottuk:  $E4/E6_r = A_{r\ 465nm} / A_{r\ 665nm}$

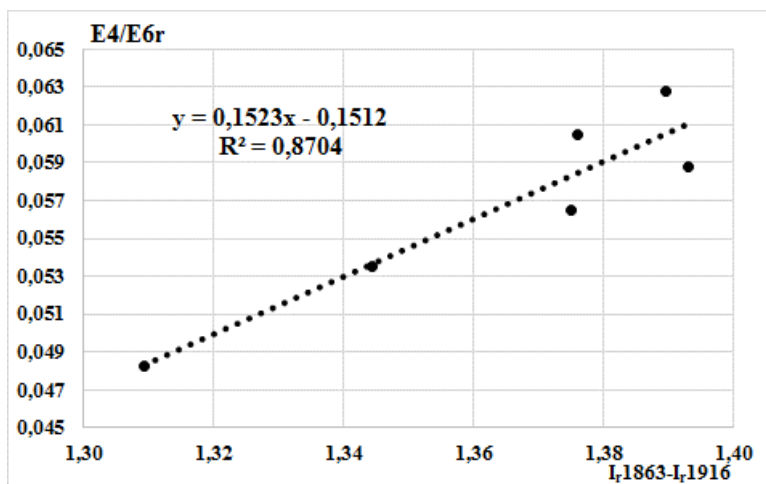
Az így számított humuszminőség jellemzőre ( $E4/E6_r$ ) jelentősen hatottak a különböző talajművelési stratégiák (6. ábra).



**6. ábra.** Az eltérő talajművelési stratégiák hatása a reflektanciából számított E4/E6<sub>r</sub> humuszminőségi értékszámra.

A reflexióból számított humuszminőség értékszám ( $E4/E6_r$ ) szoros összefüggést mutatott a talaj nedvszívó képességével összefüggő 1916 nm-en tapasztalható reflektancia csökkenéssel (7. ábra).

## Eltérő talajművelés hatására megváltozott talaj néhány fizikai és kémia jellemzőjének összefüggése



7. ábra. A reflexióból számított humuszminőség értékszám ( $E4/E6_r$ ) (y tengely) és a talaj nedvszívóképességével összefüggő 1916 nm-en tapasztalható reflektancia csökkenés (x tengely)

A reflexióból számított humuszminőség értékszám ( $E4/E6_r$ ) közvetlenül is összefügg a talajminták légnedvességgel egyensúlyban levő nedvességtartalmával, de ez az összefüggés kevésbé szoros ( $R^2=0,668$ ).

### Következtetések

Megállapítható, hogy a talaj nedvességtartalma az 1916 nm-en tapasztalható reflexió csökkenés alapján jó közelítéssel meghatározható. Bemutattuk, hogy az  $E4/E6$  humuszminőségre jellemző értékszám reflektancia spektrumokból számított abszorbancia adatokból is számolható.

Kimutattuk, hogy a talajművelés hatott az reflektancia adatokból számított  $E4/E6_r$  értékkel kifejezhető humuszminőségre.

### Irodalomjegyzék

BIRKÁS, M. (2010): Long-term experiments aimed at improving tillage practices. Acta Agr. Hung. 58. 75–81.

BUZÁS I. (1988): Talaj és agrokémiai vizsgálati módszertan 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

CHIN Y., ALKEN G. & O'LOUGHLIN E. (1994): Molecular weight, polydispersity, and spectroscopic properties of aquatic humic substances. Environ. Sci. Technol. 1994, 28, 1853-1858.

FEKETE GY., ISSA I., TOLNER L., CZINKOTA I. & TOLNER I.T. (2016): Investigation on the indirect correlation and synergistic effects of soil pH and moisture content detected by remote sensing. Növénytermelés 65 Suppl. 203-206.

FILEP GY. (1988): Talajkémia. Akadémiai Kiadó, Budapest- 293 p.

- GHOSH K. & SCHNITZER M. (1979.): UV and visible absorption spectroscopic investigations in relation to macromolecular characteristics in humic substances. *J. Soil Sci.*, 30, 735-743.
- KALEITA A. L., TIAN L. & YAO H. (2003): Soil moisture estimation from remotely sensed hyperspectral data. In 2003 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- KONOVA M.M. (1966): Soil organic matter. Pergamon Press, Oxford p.400-404.
- MILICS G., NAGY V. & ŠTEKAUEROVÁ, V. (2004): GIS applications for groundwater and soil moisture data presentations. - 12. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na UH SAV. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, 25. november 2004. Ústav hydrológie SAV, Račianska 75. Bratislava, Slovenská Republika, Konferenčné CD. ISBN 80-89139-05-1
- NEMÉNYI M., MILICS, G. & MESTERHÁZI, P. Á. (2008): The role of the frequency of soil parameter database collection with special regard to on-line soil compaction measurement. In: Andrea Formato: *Advence in Soil & Tillage Research*. 125–140. ISBN 978-81-7895-353-3
- NÉMET T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma, MTA Talajtani és Agrokémiail Kutatóintézete, Budapest pp. 35-56
- RÉTHÁTI G., LABANCZ V., TOLNER L., SZALAI Z. & ALEXA L. (2015): Examination of humic substances of composts and differently aged soil-charcoal systems. XIV. Alps-Adria Scientific Workshop Neum, Bosnia and Herzegovina (2015.05.11-16.), *Növénytermelés / Crop production* 64: Suppl. 103-106.
- SCHNITZER, M. & KHAN, S. U. (1972): Humic substances in the environment. Marcel Dekker, New York. p. 57- 60
- STEFANOVITS P., FILEP Gy. & FÜLEKY Gy. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 470 p.
- STEVENSON F.J. (1994): Humus Chemistry, John Wiley & Sons, 496 p.
- SVÁB J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- TOLNER I. T., SZALAY K. D., CSORBA Á., FENYVESI L. & NEMÉNYI M. (2012): Evaluating the effect of acidity and humidity on the optical characteristic of a soil sample. *Növénytermelés*. 61. 287–290.
- TOLNER I.T., TOLNER L., FENYVESI L. & NEMÉNYI M. (2013): Nedvszívó anyagok hatása a talaj reflektancia spektrumára. Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában. *Talajvédelem (Különszám)*. 505–512.
- TOLNER I.T., GÁL A., SIMON B., TOLNER L. CZINKOTA I. & RÉTHÁTI G. (2015): Különböző korú talajba keveredett faszénmaradványok hatásának vizsgálata a talaj kémiai és optikai tulajdonságaira. *Talajvédelem 2015 - Különszám (ISBN 978-963-9639-80-5)* 337-347.



### Egy besenyőtelki tábla talajnedvességének monitorozása Sentinel műhold és helyszíni vizsgálatok segítségével

Tolner László<sup>1</sup>, Gál Edina<sup>1</sup>, Harkányiné Székely Zsuzsa<sup>1</sup>, Waltner István<sup>1</sup>, Yun Qiu<sup>1,3</sup>,  
Tolner Imre Tibor, Vekerdy Zoltán<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, MKK, Környezettudományi Intézet, 2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1., e-mail: [tolner.laszlo@gmail.com](mailto:tolner.laszlo@gmail.com)

<sup>2</sup>Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdasági és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár

<sup>3</sup>Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente, Enschede the Netherlands

#### Összefoglalás

Munkánk a talajheterogenitás távérzékeléssel történő meghatározására irányul. A Sentinel műholdak felbocsájtásával lehetővé vált, hogy a talajfelszínről néhány napos gyakorisággal készüljenek felvételek. A távérzékeléssel nyert optikai illetve radar jeleket a talajfelszín fizikai tulajdonságai befolyásolják, amik között kitüntetett szerepet játszik a felszíni réteg nedvességtartalma. A felszíni nedvesség adatok változásából következtetni lehet egyes talajtulajdonságokra, és segítségükkel fel lehet mérni a talaj heterogenitását. Ezek értelmezéséhez kívántunk hozzájárulni egy talajtanilag heterogén mezőgazdasági táblán mért talajnedvesség változás időbeli dinamikájának vizsgálatával és értelmezésével.

#### Summary

Our work contributes to the assessment of soil heterogeneity by remote sensing. With the launch of the Sentinel satellites, monitoring of the surface became possible with a few-days revisit frequency. Physical properties of the soil influence the optical and radar signals recorded by satellites. One of the most important property is the moisture content of surface layer. The surface moisture data represent a proxy related to the soil heterogeneity. Our analysis of soil moisture dynamics contributes to the understanding of soil heterogeneity at agricultural field level.

#### Bevezetés

A hagyományos növénytermesztés legkisebb egysége a tábla, amire hagyományos termelési körülmények között meghatározzák a termelendő növényt, és az ahhoz kapcsolódó kezeléseket. A táblán belül eltérő termékenységű kisebb földterületek lehetnek, amelyek a fizikai, kémiai, topográfiai (pl. mély fekvésű), vagy egyéb (pl. gyomok, kártevők előfordulása) tekintetében különböznek egymástól (GYULAI, 2009). Ezen kisebb egységek figyelembe vétele, a termőhely változatosságát szem előtt tartó (hely-specifikus) technológia, agrotechnikai beavatkozás jelenti a precíziós mezőgazdaság fogalmát (NEMÉNYI et al., 2001; TAMÁS 2001; TAMÁS et al., 2005; CAMBARDELLA 1999).

A termőhelyi viszonyokhoz alkalmazkodó növénytermesztés a termőhelyi viszonyok és a korábbi termések táblaszintnél részletesebb felmérését igényli. Az adatok kezeléséhez térinformatikai módszerek (GIS) szükségesek a megfelelő agrotechnika kidolgozása érdekében (NEMÉNYI et al., 2002; NÉMETH et al., 2007). Az első lépések egyikeként, a precíziós mezőgazdaság alkalmazásához szükség van a talajtulajdonságok hatékony és pontos meghatározására. A helyszíni mintavétel alapuló területi információnyerés nagy munkai igényű, és a precíziós gazdálkodás igényének megfelelő sűrűséggel alkalmazva költségesebb, mint a termés növekedéséből származó gazdasági előny. A távérzékelés gazdaságos megoldást biztosít a szükséges információk megszerzéséhez (GE et al., 2011). Területi információ nyerhető a munkagépekre szerelt mérőszondák segítségével is (CSIBA, 2010; NAGY et al., 2013), de ezek az adatok sokszor nem alkalmasak az időbeli változások sebességéhez alkalmazkodó monitoringra.

A szántóföldi növények fejlődését és a várható terméseredményt a vízellátottság jelentősen befolyásolja. A talajban lévő tartós vízhiány hatására a termés mennyisége csökken. Magyarországon a természetes vízellátottság területenként nagyon változó, így a növények vízigényének csapadékból történő ellátása területileg és időben is jelentős szélsőségeket mutathat. A hiány pótlása csak jól tervezett vízgazdálkodással oldható meg, ezért ismernünk kell a növények vízigényét valamint a talaj vízgazdálkodási sajátosságait. A talaj nedvesedése-száradása a fizikai féleség mellett egyéb talajtulajdonságoktól is, így a talajsavanyúságtól, vagy a szikességtől is függ (TOLNER et al., 2012; FEKETE et al., 2016).

A talaj víztartalmának egyik legrégebbi becslési módszere a csupán mérleget és egy hőfokszabályzós kemencét igénylő gravimetria (JOHNSON, 1962). A gravimetriás módszer hátránya, hogy helyszíni mintavétel szükséges hozzá, emiatt költséges és folyamatos regisztrálásra nem alkalmas (VÁRALLYAY, 2002). A mintavételezésen vagy helyszíni mérésen alapuló talajnedvesség meghatározás nélkülözhetetlen a távérzékeléssel kapott talajnedvességgel összefüggő mérési értékek kalibrálásához (CSIBA, 2010). A talaj víztartalma erősen befolyásolja a távérzékeléssel vizsgálható hiperspektrális reflexiók spektrumot is (MILICS et al., 2004; NEMÉNYI et al., 2008; TOLNER et al., 2013). Csupasz talajfelszín esetén, KALIETA (2003) összefüggést bizonyított a talaj felső 6 cm-es rétegének vezetőképesség-mérésével meghatározott nedvességtartalma és a hiperspektrális távérzékelési adatok között. Az összefüggés alkalmas volt a helyszínen mért pontszerű adatok területi kiterjesztésére. A növényborítás a közvetlen fizikai összefüggések felhasználását lehetetlenné teszik a látható és az infravörös tartományban, azonban a növényzet állapotából következtetést lehet levonni a gyökérszóna nedvességére. A mikrohullámú tartományban a növénytakaró nedvességtartalma és szőrözöttsége, a levelek állása zajként jelentkezik a talajnedvesség térképezésekor, de ezt adatintegrációval és modellezéssel részben figyelembe lehet venni (HUTCHINSON, 2003).

A Sentinel műholdak felbocsájtásával lehetővé vált, hogy a talajfelszínről néhány napos gyakorisággal készüljenek felvételek. A Sentinel-1 műholdak C-sávú radar érzékelőjével készített űrfelvételek 2-3 napos gyakorisággal fedik le Magyarországot. Ezen felvételek értelmezéséhez fontosak a helyszíni vizsgálatok alapján nyert eredmények, amik alapján a radar visszaverődési értékei és a talajnedvesség értékek közötti összefüggést fel lehet állítani (pl. PALOSCIA et al., 2013). Munkánkkal a talajnedvesség térképezéséhez szükséges összefüggések feltárásához járulunk hozzá.

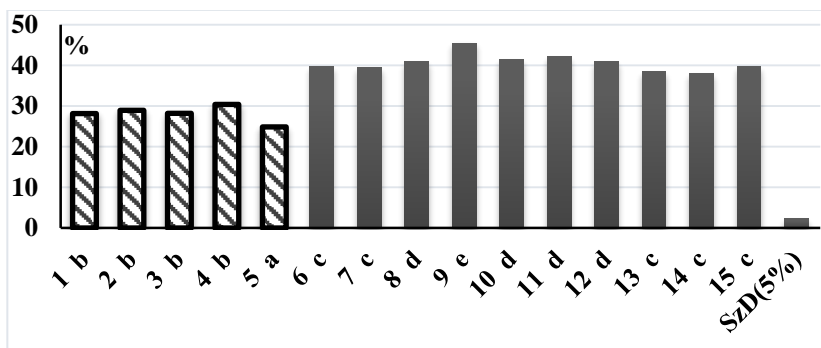
### **Anyag és módszer**

A vizsgálatokat egy családi gazdaság 5,5 ha-os tábláján végeztük Besenyőtelek határában. A heterogén, szikes foltot tartalmazó terület talajának kémiai jellemzőit korábbi publikációnkban vizsgáltuk (TOLNER et al., 2015), míg jelen munkánkban a talajnedvességben jelentkező heterogenitást tesszük górcső alá. A 4. ábrán látható pontokon bolygatatlan mintavető gyűrűvel (100 cm<sup>3</sup>) felszín-közeli (10-15 cm) talajmintákat vettünk 2016.04.23. és 2016.07.22. között 14 alkalommal. Az így kapott 210 db talajminta nedvességtartalmát a mintavételt követően gravimetriás módszerrel azonnal meghatároztuk (BUZÁS, 1988). Sentinel-1 VV polarizációjú radarfelvételeit az ESA Scientific Data Hub-járól (<https://scihub.copernicus.eu>) töltöttük le.

A varianciaanalíziseket a SVÁB (1981) által megadott algoritmus alapján Excel Makróban megírt programmal számítottuk. A klaszteranalízis az „R” statisztikai programcsomaggal készült.

### **Eredmények és értékelésük**

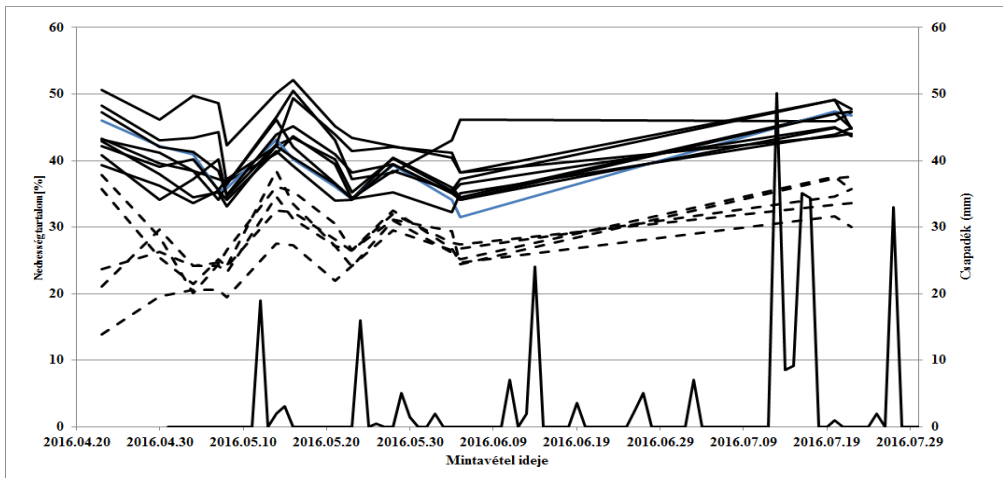
Első lépésben varianciaanalízissel megvizsgáltuk azt, hogy a mintavételi pontokon mért talajnedvesség-tartalom (%) értékek milyen mértékben különböznek egymástól. A számítás során a 14 időpont 14 blokkot (ismétlést) képezett, blokkonként 15 mintavételi hellyel (4. ábra). Az F-próba eredménye azt mutatja, hogy a mintavételi helyek adatainak átlaga több mint 99,9%-os biztonsággal eltérnek egymástól. Ugyanez jellemzi a blokkátlagok eltéréseit (1. ábra). Vagyis a nedvesség adatok mind a táblán belüli elhelyezkedés alapján, mind az időben igazolható eltéréseket mutattak.



**1. ábra. A 15 mintavételi helyen, 14 időpontban mért talajnedvesség-tartalom (%) értékek átlagai. A vonalkázott oszlopok a szikes foltról származnak.**

A 1. ábrán jól látható az első 5 mintavételi hely elkülönülése. Ezek a szikes foltról vett minták. Látható, hogy a szikes területen jelentősen kisebb a nedvességtartalom átlaga a vizsgált időszakban, mint a nem szikes területeken.

A talajnedvesség-tartalom időbeli változását szemlélteti 2. ábra.

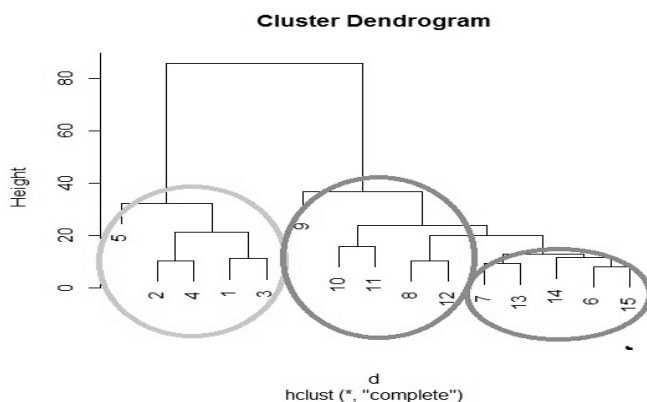


**2. ábra. A vizsgált 15 mintavételi helyen 14 időpontban vett talajnedvesség-tartalom (%) értékek (az azonosítás megkönnyítésére vonalakkal összekötve). Az alsó csúcsok a csapadékhullások időpontját és mennyiségét jellemzik mm-ben.**

Az 2. ábrán jól láthatók a csapadékokat követő talajnedvesség növekedések, majd az azokat követő száradási periódusok hatásai. (Az összekötő vonalak az összetartozó mérések azonosítását segítik, de a mintavételi sűrűség elégtelensége miatt nem követik a talajnedvesség valós alakulásának minden részletét, így például vannak csapadékok, amiknek hatása nem tükröződik a görbék futásában.) A 15 talajnedvesség görbén a mintavételi helyszínek számait az ábra zsúfoltságának elkerülése miatt nem tüntettük fel, de jól látszik a felső 10 és az alatta levő 5 görbe elkülönülése. Ez utóbbiak (szaggatott vonallal jelölve) a szikes területéről származó minták görbéi.

A vizuálisan megfigyelhető elkülönülést klaszteranalízis segítségével számszerűsíthetjük. Hierarhikus klaszterezést végeztünk az Euklédieszi távolság meghatározása alapján, összevonó algoritmussal, teljes láncmódszerrel. Ekkor a 15 vizsgálati pontra vonatkozó adatok (14 időpontban mért nedvességtartalom) egymástól mért távolsága (az időpontoknak megfelelő 14 dimenziós térben) alapján végezzük el a csoportosítást. Az automatikus számítás során először a legközelebbi pontok kerülnek közös csoportba (klaszterbe): a 2-4, és a 1-3 mintavételi pontok, illetve a 10-11, 8-12, 7-13, 6-15 mintavételi pontok kerültek összevonásra. A következő lépésben az előző lépésben létrejött 6 klaszter, és az előző lépésben kimaradt pontok távolsága alapján történt meg a további összevonás. A folyamat végeredménye a 3. ábrán látható fa struktúra, az úgynevezett dendrogram.

A dendrogram alapján 3 csoportba különíthetjük el a mintavételi helyeinket a nedvességtartalom változás adatai alapján (3. ábrán bekarikázva). A 3. ábra bal oldalán levő sárgával bekarikázott csoportba a szikes mintavételi helyről származó pontok kerültek. A többi pont, azaz a nem szikes területeken elhelyezkedő minták egymástól való elkülönülése nem ilyen egyértelmű. Ezen belül szorosabb hasonlóságot mutatnak a 7, 13, 14, 6, 15 mintavételi pontok. Az elemzés alapján kialakult három klaszterbe sorolt mintavételi pontok elhelyezkedését a vizsgált mezőgazdasági táblán a 4. ábra mutatja.



**3. ábra. a klaszteranalízissel készült dendrogram. Bekarikázva a dendrogram alapján elkülöníthető 3 mintavételi hely csoport.**



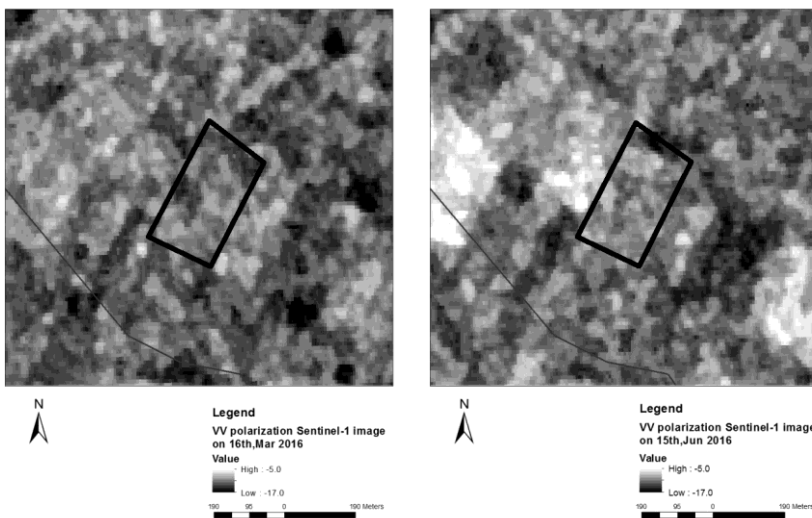
**4. ábra. A klaszteranalízis alapján kialakult három klaszterbe sorolt mintavételi pontok elhelyezkedése a vizsgált mezőgazdasági táblán. A háttérképen jól látszik, hogy a szikes terület egy részét, mégha nem is teljesen pontosan, a felvétel időpontjában kihagyták a művelésből.**

A 4. ábrán látható, hogy a változó nedvességtartalom alapján számítással elkülönített klaszterek a tábla területén is jól elkülöníthető csoportot képeznek.

A klaszteranalízissel elkülönített 3 csoport adatainak eltérését varianciaanalízissel is értékeltük. Az 3 klaszterbe sorolt talajnedvesség-tartalom értékek átlagai: 28,1%, 39,1%,

42,2 %. Az F- próba alapján és az SzD5% értékhez viszonyított különbség értékek alapján is látható, hogy a talajnedvesség átlag értékek jelentősen eltérnek egymástól. Jelentősen mintegy 30%-al kisebb a szikes talajfolton levő adatok átlaga (28,1%), míg a klaszteranalízissel elkülönített két nem szikes foltra jellemző átlagértékek csak kisebb, de igazolható eltérést mutatott (SzD(5%)=1,0).

A Sentinel-1 műhold radarfelvételeit összevetettük klaszteranalízis eredményeivel (5. ábra). A felvételek készítésekor a területen ritkás lucernaborítás volt, ami a radar képeket a nem teljes fedettség miatt csak részben befolyásolta. Jelen tanulmányunk terjedelmi okokból csak az első, vizuális interpretáción alapuló megállapításokra terjedhet ki. Első lépésben azt vizsgáltuk, hogy belvízborítás megjelenik-e a képeken, és ez mennyiben függhet össze a mintavételek alapján meghatározott heterogeneitással.



**5. ábra: A teszterület (képek közepén ferde négyszögonnal körülkerített terület) Sentinel-1 VV polarizációjú radarfelvételei. A bal oldali kép a 2016.03.16., a jobb oldali a 2016.06.15.-i állapotot mutatja.**

Az 5. ábrán látható Sentinel-1 A képek VV polarizációval készültek. Az előfeldolgozásban a geometriai korrekciók és kalibráció mellett 'speckle' szűrést végeztünk. Habár ez utóbbi nem tünteti el teljes mértékben az interferenciából származó intenzitáskülönbségeket és a térbeli felbontást is részben lerontja (ULABY et al., 1996), a terület talajának heterogeneitása jól megfigyelhető. A különbségek főként a víztartalomtól függően különböző dielektromos tulajdonságokkal rendelkező felszíni rétegek változatosságában nyilvánulnak meg. Például a 2016. március 16-ai felvételen a terület NY-i részén nagyon alacsony a visszaverődés, ami vízborítás jelenlétére enged következtetni. Ez a helyszíni bejárások alkalmával is látható volt, illetve egy szikes mélyebb folt jelenléte is alátámasztja ezt. A 2016. június 16-án készült felvételen ugyanez a terület világosabb tónusú. Ennek oka, hogy a terület ekkor nedvesebb környezeténél, ezért intenzívebb a visszaverődés. Mivel a radarképekhez csak a helyszíni mintavételezést követően jutottunk, így sajnos erre a területre nem esett helyszíni vizsgálati pont. Eredetileg a helyszíni vizsgálatok során a D-részen levő szikes foltra koncentráltunk. Az ettől eltérő területeket, nem szikes kontrol területnek tekintettük, így a helyszíni mintavételi hely

## **Egy besenyőtelki tábla talajnedvességének monitorozása Sentinel műhold és helyszíni vizsgálatok segítségével**

---

kijelölésénél elkerültük az 5. ábra képeinek a Ny-i részén látható, márciusban belvízzel borított kisebb szikes foltot. A nagyobbik, általunk mintázott szikes foltot nem borította belvíz, ami a terület mikrodomborzatából következik.

A 10-11-12-es mintavételi pontok környékének a szikes területeknél világosabb tónusa a júniusi felvételen magasabb talajnedvességre utal, ami jó egyezésben áll a helyszíni mintavételezésen alapuló mérések eredményeivel.

A radar képek itt felvázolt kvalitatív elemzését a további kutatásainkban számszerűsített talajnedvesség meghatározás fogja követni.

### **Összefoglalás**

A helyszíni talajmintavételen alapuló talajnedvesség vizsgálatok alapján a korábban kémiai vizsgálattal is kimutatott szikes terület eredményesen elkülöníthető volt. A Sentinel-1 műhold felvételei alapján a szikes és a nem szikes területek nedvességviszonyaiban mutatkozó különbség megfigyelhető volt. Ezt a további kutatásokban kvantitatív elemzésnek kívánjuk majd alávetni.

### **Irodalomjegyzék**

BUZÁS I. (1988): Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

CAMBARDELLA C. A. & KARLEN, D. L. (1999): Spatial Analysis of Soil Fertility Parameters, Precision Agriculture

CSIBA, M. (2010): Mérési módszerek fejlesztése precíziós növénytermesztési technológiáknál. Doktori értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem, Mosonmagyaróvár, 141 p.

FEKETE GY., ISSA I., TOLNER L., CZINKOTA I. & TOLNER I.T. (2016): Investigation on the indirect correlation and synergistic effects of soil pH and moisture content detected by remote sensing. *Növénytermelés* 65 Suppl. 203-206.

GE Y., THOMASSON J. A. & SUI R. (2011): Remote sensing of soil properties in precision agriculture: A review. *Frontiers of Earth Science* 5.(3) 229-238.

GYULAI I. (2009): A precíziós mezőgazdaság segítése távérzékelte adatokkal. Doktori értekezés, Mosonmagyaróvár, 110 p.

HUTCHINSON J. M. S. (2003): Estimating near-surface soil moisture using active microwave satellite imagery and optical sensor inputs. *Transactions of the ASAE*, 46.(2), 225.

JOHNSON A.I. (1962): Methods of Measuring Soil Moisture in the Field, Denver, Department of the Interior, Geological Survey, 26 p.

KALEITA A. L., TIAN L. & YAO H. (2003): Soil moisture estimation from remotely sensed hyperspectral data. In 2003 ASAE Annual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

MILICS G., NAGY V. & ŠTEKAUEROVÁ, V. (2004): GIS applications for groundwater and soil moisture data presentations. - 12. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň

otvorených dverí na UH SAV. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, 25. november 2004. Ústav hydrológie SAV, Račianska 75. Bratislava, Slovenská Republika, Konferenčné CD. ISBN 80-89139-05-1

NAGY V., MILICS G., SMUK N., KOVÁCS A.J., BALLA I., JOLÁNKAI M., DEÁKVÁRI J., SZALAY D.K., FENYVESI L., ŠTEKAUEROVÁ V., WILHELM Z., RAJKAI K., NÉMETH T. & NEMÉNYI M. (2013): Continuous field soil moisture content mapping by means of apparent electrical conductivity (EC<sub>a</sub>) measurement. *J. Hydrol. Hydromech.*, 61. (4) p. 305-312.

NEMÉNYI M., PECZE ZS., MESTERHÁZI P. Á. & NÉMETH T. (2001): A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. *Növénytermelés*, 50. (4) 419 - 430

NEMÉNYI M., MESTERHÁZI P.Á., PERCZE ZS. & STÉPÁN ZS. (2002): The role of GIS and GPS in precision farming. *Computers and Electronics in Agriculture*. 40. pp. 45-55.

NEMENYI M., MILICS, G. & MESTERHÁZI, P. Á. (2008): The role of the frequency of soil parameter database collection with special regard to on-line soil compaction measurement. In: Andrea Formato: *Advence in Soil & Tillage Research*. 125–140. ISBN 978-81-7895-353-3

NÉMETH T., NEMÉNYI M. & HARNOS ZS. (2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana. MTA TAKI. Szeged.

PALOSCIA, S., PETTINATO, S., SANTI, E., NOTARNICOLA, C., PASOLLI, L., & REPPUCCI, A. (2013). Soil moisture mapping using Sentinel-1 images: Algorithm and preliminary validation. *Remote Sensing of Environment*, 134. 234-248. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2013.02.027>

SVÁB J. (1981): *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest

TAMÁS J. (2001): *Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata*, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest

TAMÁS J. & NÉMETH T. szerk. (2005): *Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazásai*, Debreceni Egyetem, Debrecen

TOLNER I. T., SZALAY K. D., CSORBA Á., FENYVESI L. & NEMÉNYI M. (2012): Evaluating the effect of acidity and humidity on the optical characteristic of a soil sample. *Növénytermelés*. 61. 287–290.

TOLNER I.T., TOLNER L., FENYVESI L. & NEMÉNYI M. (2013): Nedvszívó anyagok hatása a talaj reflektancia spektrumára. *Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában. Talajvédelem (Különszám)*. 505–512.

TOLNER I.T., GÁL E. & TOLNER L. (2015): Talajheterogenitás vizsgálata egy besenyőtelki tábla talajmintáin. *Talajvédelem 2015 - Különszám (ISBN 978-963-9639-80-5)* 349-355.

ULABY, F. T., DUBOIS, P. C., & VAN ZYL, J. (1996). Radar mapping of surface soil moisture. *Journal of Hydrology*, 184(1–2). 57–84. [http://doi.org/10.1016/0022-1694\(95\)02968-0](http://doi.org/10.1016/0022-1694(95)02968-0)

VÁRALLYAY GY. (2002): *A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai*. Budapest Kiadó.



### Komposzt mineralizáció dinamikája talajérlelés kísérletben

Vágó Imre<sup>1</sup>, Szabó Anita<sup>2</sup>, Remenyik Tünde<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, MÉK, Agrokémiai és Talajtani Intézet

<sup>2</sup> MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest

E-mail: vago@agr.unideb.hu

#### Összefoglalás

A növénytáplálás gyakorlatában (az ásványi műtrágyák használata mellett) mind nagyobb teret nyerne a környezetkímélő, fenntartható módszerek. Különösen jelentősek azok az alternatív növénytáplálási eljárások, amelyekben a mezőgazdasági melléktermékeket és szerves eredetű hulladékokat használjuk fel a talaj tápanyagkészletének visszapótlására. Ezek közül kiemelt jelentőségű a komposztok használata, mert ezzel a talaj szervesanyagkészletének csökkenését is mérsékelni tudjuk. A komposztok a tápelemeket a növények számára közvetlenül nem hozzáférhető, jelentős részben szerves anyagokban kötött formában tartalmazzák. A növényi tápelemek a szerves anyagok mineralizációjával válnak felvehetővé. Emiatt nem elegendő a komposztok teljes tápanyagkészletét ismernünk, azt is tudnunk kell, hogy ezek milyen ütemben és mennyiségben válnak felvehetővé.

Talajérleléses kísérleteinket Órbottyánból származó karbonátos homoktalajon végeztük. A komposztot és a talajt 5 különböző arányban kevertük, majd a tápközeget 1 kg-os tenyészedényekbe helyeztük. Az érlelést szobahőmérsékleten végeztük, konstans VK=60%-os nedvességtartalommal. A dinamikai vizsgálatokhoz 6 időpontban a tápközegből mintát vettünk, majd mértük és értékeltük a pH-ját és a N, P, K, Mg és Mn tartalmát.

#### Summary

In the practice of plant nutrition (besides the use of mineral fertilizers), the environment-friendly, sustainable methods are gaining a rising ground. Especially important are alternative plant nutrition processes in which agricultural by-products and organic waste are used to replenish the soil nutrient stock. The use of composts is one of the most important, because it can be also reduce the decrease of the organic matter stock of soils. Composts contain nutrients that are not directly available to plants and are substantially bound to organic matter. Plant nutrients will be available by the mineralization of organic components. This is the reason, that it is not enough to know the complete nutrient stock of composts, it is also needed to know what rates and dynamics they will be available for the plants.

The soil incubation experiments were carried out on carbonate containing sandy soil from Órbottyán region. Compost and soil were mixed in 5 different proportions, and the medium was placed in 1 kg pots. The incubation was performed at room temperature with a constant VK = 60% moisture level. For investigation of decomposition dynamics, samples were taken from the medium at 6 time points, then measured and evaluated for pH and contents of extractable N, P, K, Mg and Mn nutrients.

---

## Bevezetés

„Valamit tenni kell, mert belefulladás a szemébe!” (I1, 2012) „Előbb-utóbb az lesz a vége, hogy a mi ajtónk előtt is annyi lesz a szemét, hogy már nem tudunk kijönni a lakásból.” (I2, 2009) – figyelmeztetnek a fenti vélemények a szemétmennyiséggel kapcsolatban.

FAILTI (2006) a lakossági hulladék összetételére a következőt közölte: az 5 000 – 25 000 fős településeken keletkező hulladék összetétele felel meg leginkább az országos átlagnak. Ennek alapján az arányok: biológiailag lebomló hulladék: 13 %; papír: 7 %; műanyag: 13 %; fém: 3,3 % és finom (kisebb, mint 50 mm): 40 %. Más tapasztalatok is megerősítik, hogy a háztartási hulladékok jelentős hányada biológiailag lebomló anyagból áll (I3).

Másrészt viszont ismert tény, hogy a talajainkba juttatott szerves anyagok mennyisége folyamatosan csökken, ami nyilvánvalóan hátrányos mind a talajok tulajdonságai, mind a termesztett növényeink mennyisége és minősége szempontjából. Figyelembe kell venni azt is, hogy az ásványi műtrágyák használata jelentős költségráfordításokkal jár. Ezen okoknál fogva kiváló gondolatnak tartjuk a mezőgazdaságban az alternatív növénytáplálási módszerek minél szélesebb körben történő elterjesztését. Előnyösnek mutatkozik a szervesanyag-alapú megújuló energiaforrások (biogáz, biodízel, bioetanol) előállítás maradványainak hasznosítása a tápanyag-visszapótlásban.

A szervesanyag-hasznosításnak további kitűnő módja a komposztálás. Minden szerves hulladék, ami a háztartásokból és a kertekből kikerül, és nincs benne vegyszer vagy műanyag, komposztálásra felhasználható (GÉVAY, 1986). Ezáltal egyrészt csökkenthető a hulladékok mennyisége, másrészt a képződött komposztok a növényeink alternatív tápanyag-gazdálkodásában is jól felhasználhatóak. A mezőgazdaság fejlődése együtt járt azzal is, hogy az üzemek tápelem-igénye megnőtt, így a nyitott tápelem-forgalommal rendelkező korszerű árutermelő gazdaságoknak a műtrágyák iránti igénye már szinte kielégíthetetlennek mutatkozott (KÁDÁR, 2012). Vissza kell áramoltatni a természetes körforgásba minden eddig fel nem használt mező- és erdőgazdasági, továbbá települési szerves hulladékot, és hasznosítani kell elsősorban homokterületeken a talajtermékenység növelése érdekében (KÖHLER, 1984). Ennek egyik kiváló módszere a komposztálás.

A komposztok a növények növekedését és a gyümölcsképzést tekintve a legelőnyösebb tápanyagok közé tartoznak (GÉVAY, 1986). A jó minőségű komposztok felhasználásakor semmilyen kedvezőtlen hatással nem kell számolnunk (HARTMAN et al., 2001). A komposztok nagy előnye, hogy bennük a szükséges tápanyagok lekötött formában vannak, emiatt kimosódásból adódó veszteségekkel alig kell számolni, mégis a növények számára a lebomlás ütemében folyamatosan alakulnak felvehetővé (KÁRPÁTI, 2002). Ennek eredményeként a növényeink tápanyag-ellátása nemcsak egyenletes, hanem hosszan tartó is lesz.

Az alkalmazott komposztadagok nagysága mellett a növények megfelelő tápanyag-ellátása szempontjából döntő jelentőségű tényező, hogy a talajba juttatott komposztok milyen ütemben tudják az egyes tápelemeket szolgáltatni a növényeknek.

A komposztok a tápelemeket a növények számára közvetlenül nem hozzáférhető, jelentős részben szerves anyagokban kötött formában tartalmazzák. A növényi tápelemek a szerves anyagok mineralizációjával válnak felvehetővé. Emiatt nem elegendő a komposztok teljes tápanyagkészletét ismernünk, azt is tudnunk kell, hogy ezek milyen ütemben és mennyiségben válnak felvehetővé.

A szerves anyagok mineralizációjának mértékét és időbeli lejátszódását számos tényező befolyásolja. Az ásványosodás folyamata függ a szerves anyagok tulajdonságaitól (nedvesség-, illetve szárazanyag-tartalom, kémiai összetétel, cellulóz- és lignintartalom, lipidek). Jelentős befolyással vannak a mineralizációs folyamatokra talaj egyes tulajdonságai: nedvességállapot, pH-érték, redoxi-potenciál, levegőzöttség, mechanikai összetétel, talaj szerkezete (tömörödöttsége), stb. Nyilvánvaló, hogy hatással van a szerves anyagok átalakulásának ütemére a talajhőmérséklet (továbbá a talaj élővilága) is.

Nyilvánvaló, hogy nem tudjuk egyszerre valamennyi tényező hatását górcső alá venni, ezért ki kell választanunk, hogy melyekre terjedjenek ki kísérleteink. Célszerű olyan kísérleti elrendezést választani, amelyben a nem vizsgált paramétereket állandó értéken tudjuk tartani. Erre legalkalmasabbnak a kis tenyészedényes inkubációs kísérleteket tartjuk. A talajérleléses vizsgálatainkkal célul tűztük ki a komposzt pH-érték eltoló hatásának megállapítását egy erőteljesen karbonátos homoktalajra. További célunk volt az egyes növényi tápelemek feltáródási ütemének meghatározása különböző komposztdózisok alkalmazása esetén. Mindezzel a helyes tápanyag-gazdálkodásra vonatkozó ismereteink bővítését és pontosítását segíthetjük elő.

### Anyag és módszer

Kísérleteinkhez a Duna-Tisza közti humuszos homok, karbonátos altípusát választottuk, az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet kísérleti területéről, Órbottyánból. A talajnak a jellemző mésztartalma a 0-20 cm közötti rétegben 7,8-8%, a 20-40 cm-es rétegben 9,3%. A kísérleti talaj a kezeletlen parcellák művelt rétegének felső 0-30 cm-éből származott. Választásunk azért esett erre a típusra, mert kísérleteink során többek között vizsgálni kívántuk a kommunális szennyvíziszap tartalmú, semleges kémhatású [ $\text{pH}(\text{CaCl}_2) = 6,95$ ] komposzt pH-eltoló hatását. Hipotézisünk szerint nagy karbonát tartalmú talajon reprezentatív alakulás várható.

A kísérleti komposztkészítmény a kereskedelmi forgalomban is kapható AKSD Biomassz Super Komposzt volt, melynek alapanyagai a következők: kommunális szennyvíziszap, adalékanyagok (fűrészpors, fa apríték, szalma, közterületi zöldhulladék) és több komponensű komplex oltóanyag.

Az inkubációs tenyészedények bekeverésénél az átszitált légszáraz homoktalajt és az ugyanígy kiszáritott komposztot térfogatarányok szerint mértük be, variánsokként négy ismétlésben. A kezelések a következők voltak: 0, 10, 20, 35, 50 V/V % (a továbbiakban %) komposzt, és ennek megfelelően 100, 90, 80, 65, 50 % homoktalaj. A karbonátos homoktalaj, a komposzt és ezek együttes bekeveréséből létrejött tápközeg mintákat 1 kg-os tenyészedényekben, randomizált módon helyeztük el. Az evaporációs vízvesztés visszapótlását naponta végeztük a szántóföldi vízkapacitás 60%-ára, tömeg kiegészítés módszerével. Ehhez desztillált vizet használtunk.

A tápközegből kéthetenként, összesen hat alkalommal mintát vettünk, amit légszáraz állapotban szitáltunk. A tápközeg minták aktuális elemtartalmának meghatározása során mértük azok 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ -os pH-ját és tápelem-tartalmát HOUBA et al., (1990) módszere szerint. Választásunk azért esett a  $\text{CaCl}_2$ -os kivonószerre, mert ezen extraháló oldat segítségével nyert értékek jól reprezentálják a növények által felvehető elemtartalmat a talajokban (FOTYMA et al., 1996; BAIER & BAIEROVA, 1997). Az alkalmazott tápközeg és kivonószer arány 1:10-hez volt, amelyet 60 percig rázattunk. A pH-értékét közvetlenül a szuszpenzióban mértük, míg az elemtartalom meghatározásához az elegyet

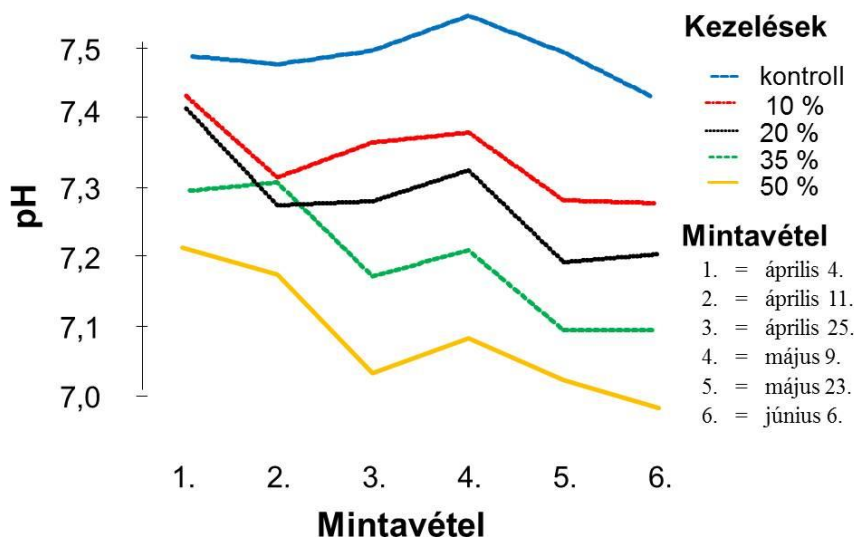
szűrtük. A szűrletből mértük a N- és P-tartalmat CFA Contiflow spektrofotométerrel, a K- és Mn-tartalmat pedig UNICAM SP95B típusú lángemissziós, illetve atomabszorpciós spektrofotométerrel.

### Eredmények és értékelésük

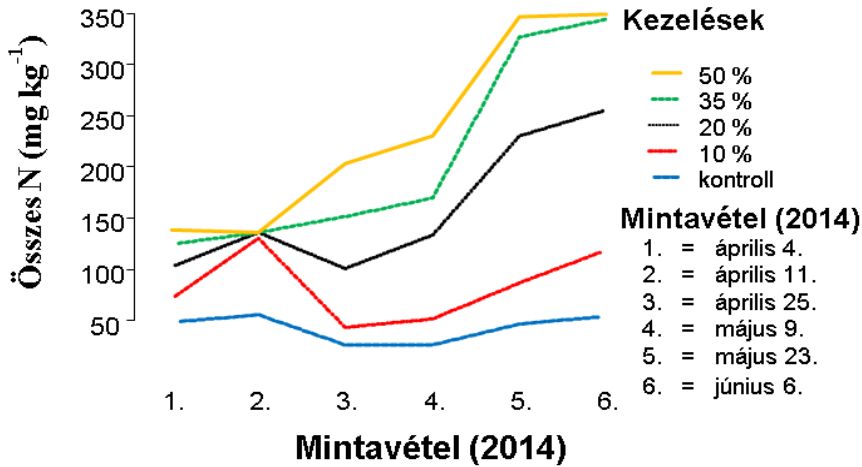
Terjedelmi okok miatt a kapott eredményeinkből csak szemelvények bemutatására van lehetőségünk.

Az 1. ábrán megfigyelhető, hogy a tápközegek 0,01 M kalcium-klorid szuszpenzióban mért pH értékei az időben előre haladva tendenciaszerűen csökkennek. Ez a hatás annál erőteljesebb, minél nagyobb a komposzt részaránya a tápközegben.

A megfigyelés nyilvánvalóan azzal magyarázható, hogy a komposzt szerves anyagainak mineralizációja során szerves savak szabadulnak fel, amelyek a talajba protonokat bocsátanak ki. A jelenség a növények táplálása szempontjából pozitívan értékelhető, különösen karbonátos talajoknál, mert a növények a tápelemek túlnyomó többségét a kisebb pH-jú közegből (azok jobb oldhatósága miatt) könnyebben fel tudják venni.

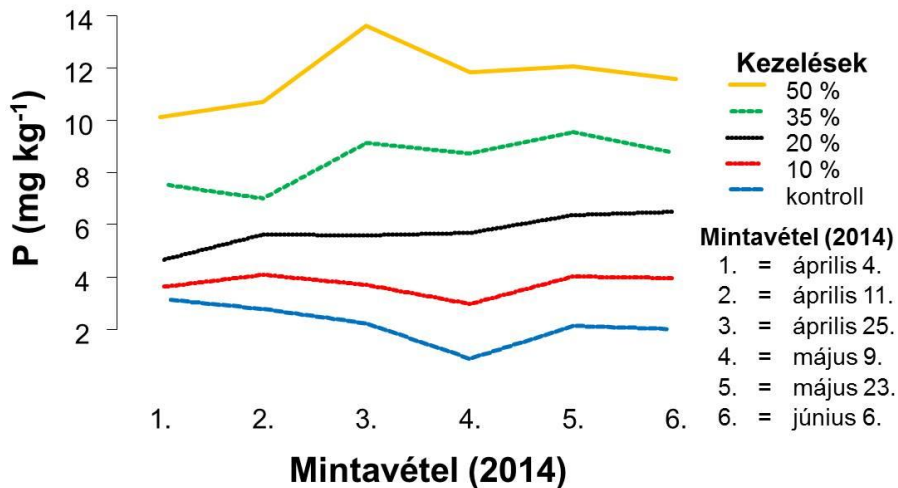


1. ábra: A pH értékek változása az inkubáció során



2. ábra: Az összes nitrogén értékek változása az inkubáció során

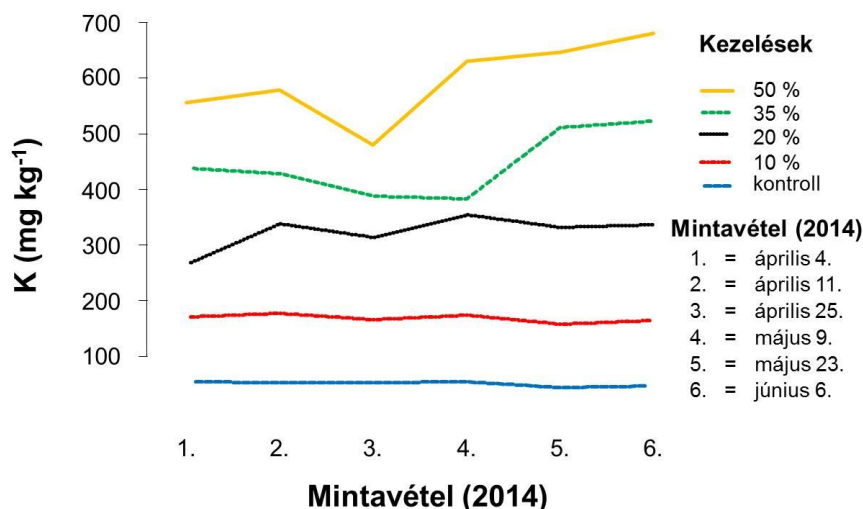
A 2. ábrán az összes N alakulása látható, a tendenciák azonban az itt be nem mutatott nitrát-nitrogén esetében is ugyanígy alakulnak. A fokozódó szervesanyag-bevitellel az összes kivonható N mennyisége, illetve a nitrogén felhalmozódás mértéke is növekszik. Ez alól csupán az 50 %-os komposzt/talaj arány a kivétel, amely értékei az utolsó mintavétel esetében statisztikailag közelítően ugyanolyanok, mint a 35 %-os kezelésűeké. Egyértelműen megállapítható, hogy a tápközeg szervesanyag-tartalmából származó nitrogén mennyiségek a komposzt adagokkal növekszenek. Ez azt mutatja, hogy – bár a komposztálás folyamata kétségtelenül nitrogénvesztéssel jár – a komposztok még így is jelentősen hozzá tudnak járulni a növények nitrogénellátásához.



3. ábra: Az extrahálható foszfor értékek változása az inkubáció során

A 3. ábrán látható eredmények elemzéséből levonható az a következtetés, hogy a növények által felvehető foszfor mennyiségét a talajban lényegében döntő mértékben a kijuttatott komposzt mennyisége determinálja. Ugyanakkor a foszfortartalom dinamikája jelentősen eltér a nitrogéntől: a foszfortartalom az inkubációs időtől (egy-két esettől eltekintve) lényegében változatlan maradt. Ennek egyik valószínű oka az lehet, hogy a szerves vegyületekről a foszfort a fitáz enzim tudja eredményesen lekapcsolni. A növény nélkül végzett inkubációs kísérletben a fitáz enzim működési feltételei korlátozottak, így az oldható foszfortartalom az időben csak szerény mértékben tudott felszabadulni.

Megjegyzendő, hogy a foszforról közismert tény: a talajban található összes mennyiségének csak egy töredéke található felvehető formában, amivel az immobilis szerves és szerves foszforforrások állandó dinamikus egyensúlyi kapcsolatban állnak. Az időben kiegyenlített oldható foszfortartalom valószínűleg ezzel is magyarázható.



4. ábra: Az extrahálható kálium értékek változása az inkubáció során

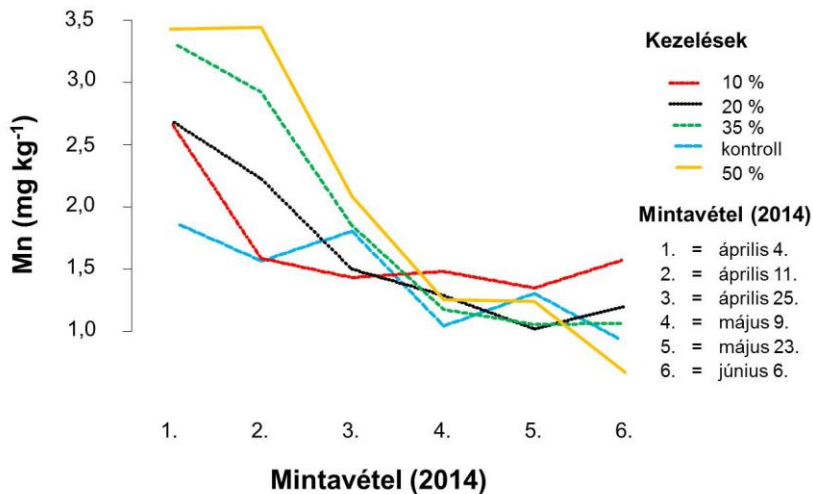
A 4. ábráról jól észlelhető, hogy – a foszfortartalomhoz hasonlóan – a tápközegben a növények által felvehető kálium mennyiségét alapvetően szintén a bekevert komposzt részaránya determinálja. A nagyobb dózisoknál megfigyelhető bizonyos mértékű káliumtartalom növekedés. Ennek oka vélhetően az, hogy ezt a kísérletet növények nélkül végeztük, ami azzal járt, hogy az inkubáció során mobilizálódott kálium tartalom a tápközegben felhalmozódott.

Az 5. ábra tanúsága szerint az oldható mangán mennyisége a tápközegben – az eddig tárgyalt tápelemekhez hasonlóan – fokozódik a növekvő komposztadagokkal. Ugyanakkor karakterisztikus eltérést tapasztalhatunk az időbeli változással – a növények rendelkezésére álló mangántartalom az idő előre haladásával minden esetben következetesen csökken, annak ellenére, hogy növény hiányában tápanyag-felvételről nem lehet szó. A jelenség a nagyobb komposzt adagoknál erőteljesebbnek mutatkozik.

## Komposzt mineralizáció dinamikája talajérleléses kísérletben

Az észlelésnek valószínűleg az lehet az oka, hogy a VK = 60 %-os vízellátottság mellett a talajokban aerob állapotok alakulnak ki, így a mangán a levegő oxigéntartalmának hatására magasabb oxidációs állapotú, nehezebben oldódó formákká alakul át.

Szerepet játszhat továbbá az oldható mangántartalom erőteljes csökkenésében a több szerves anyagban levő nagyobb mennyiségű adszorpciós kötőhely jelenléte is, amely a mangántartalom fokozott mértékű fixációját eredményezheti.



5. ábra: Az extrahálható mangán értékek változása az inkubáció során

### Következtetések

Vizsgálataink eredményeképpen megállapítható, hogy a karbonátos homoktalaj és a szennyvíziszap alapanyagot is tartalmazó komposzt készítmény eltérő arányú keverékeiben a növények számára rendelkezésre álló tápelemek mennyisége alapvetően a komposzt adagolásától függ: minél nagyobb részarányt képvisel a komposzt, annál nagyobb a tápanyag-tartalom is.

A tápanyag-tartalom változások dinamikája viszont jellegzetesen különbözik egymástól: a nitrogén időben növekvő tendenciát mutat, a foszfor és a kálium mennyisége az idő előre haladtával alig változik, míg a növények által felvehető mangántartalom jelentősen csökken. A jelenség hátterében az áll, hogy a különböző kémiai tulajdonságú elemek mineralizációs reakciója, oxidációja és fixálódása karakteresen eltér egymástól.

---

**Irodalomjegyzék**

BAIER, J. & BAIEROVA, V. (1998): Hundredth molar calcium chloride extraction procedure – Part IV – Calibration with Conventional Soil Testing Methods for Potassium. 29, pp.11-14, 1641-1648.

FAILTI J. (2006): Települési szilárd hulladék összetételének vizsgálata. Műszaki szakértői tanulmány, Miskolc. 9. p.

FOTYMA, M. – GOSEK, S. & SZEVCZYK, M. (1996): Preliminary experience with calcium chloride method in Poland. Communications Soil Science Plant Analysis. 27, pp.1387-1401.

GÉVAY J. (1986): Biotanácsadó a talajról és a tápanyagokról, Biofüzetek 11. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 9., 10. p.

HARTMAN M. – ALEXA L. – DÉR S. & SCHÁD P. (2001): Hulladékok a mezőgazdaságban, az erdészetben, a gyümölcsösben és a szőlészetben. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 11., 24., 27., 28. p.

HOUBA, V.J.G. – NOVOZAMSKY, L. – LEXMOND, T.M. & van der LEE, J.J. (1990): Applicability of 0.01 M CaCl<sub>2</sub> as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. Communications Soil Science Plant Analysis. 21, pp.2281-2290.

KÁDÁR I. (2012): Növénytáplálás, trágyázás, elemforgalom. Agrokémia és Talajtan. Budapest. 61. Supplementum. 154. p.

KÁRPÁTI, Á. (2002): Szennyvíziszap rothasztás és komposztálás. Ismeretgyűjtemény. Veszprémi Egyetem Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék, Veszprém. 26. p.

KÖHLER M. (1984): A homoktalajok termőképességének növelése dúsított agyagos komposzt-trágyák felhasználásával. Agrokémia és Talajtan. Budapest. 33. 1-2. 214., 216. p.

**Internetes források**

1) I1: STOP. Valamit tenni kell, mert belefulladásunk a szemétkbe (2012) <http://stop.hu/tudomany/valamit-tenni-kell-mert-belefulladásunk-a-szemetbe/1050397/>, 2012. 06. 10. 08.01. h.

2) I2: HAJDÚ ONLINE. Bele fogunk fulladni (2009) <http://www.haon.hu/bele-fogunk-fulladni/news-20090129-06103715>, 2009. 01. 29. 05.20. h.

3) I3: [www.aksd.hu](http://www.aksd.hu)



### Nehézfém terhelés hatása a fiatalkori növény/vegetatív növényi rész, ill. a mag/szemtermés toxikus elem tartalmára szabadföldi tartamkísérletben

*Pokovai Klára – Szabó Anita – Rékási Márk – Sándor Renáta – Csathó Péter*

*MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.*

*E-mail: [szabo.anita@agrar.mta.hu](mailto:szabo.anita@agrar.mta.hu)*

#### Összefoglalás

A potenciálisan káros elemek talaj-növény rendszerben való viselkedésének tanulmányozására Kádár Imre 1991 tavaszán, meszes csernozjom talajon szabadföldi nehézfém terheléses tartamkísérletet állított be. A 13 mikroelem oldható sói ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3/\text{NaAsO}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{SrSO}_4$  és  $\text{ZnSO}_4$ ) 0/30; 90; 270; ill. 810 kg ha<sup>-1</sup> elemi fém adagban, két ismétlésben kerültek kijuttatásra.

A kísérlet lehetőséget nyújt a toxikus elemek termés-csökkentő hatásának, ill. növényi felvételének vizsgálatára. Jelen közleményben, MACNICOL és BECKETT (1985) megközelítése alapján meghatároztuk azokat a legkisebb nehézfém koncentrációkat (LTK: legkisebb toxikus koncentráció, mg kg<sup>-1</sup>), amelyeknél először fordultak elő legalább 10 %-os termés-csökkenések. Az irodalmi adatokkal egyezően, a fiatalkori növényben, illetve a vegetatív növényi részekben nagyobb nehézfém koncentrációkat mérünk, mint a generatív mag/szemtermésekben. Jelen dolgozatban a kísérlet 1-20 év eredményeit ismertetjük.

#### Summary

So that to investigate the behaviour of potentially toxic elements in the soil-plant system, in spring 1991, a long-term field heavy metal load experiment was set up by Imre Kádár on a calcareous chernozem soil with loam texture, formed on loess, at the Nagyhőrcsök Experimental Station of the Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences CAR. The 13 individual metal, given in soluble salt forms ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3/\text{NaAsO}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{SrSO}_4$  and  $\text{ZnSO}_4$ ), were applied in 0/30; 90; 270; or 810 kg ha<sup>-1</sup> metal element doses, in two replications.

The long-term field trial provides opportunity to investigate the phytotoxic effects, as well as heavy metal accumulation of the different crops or plant organs. One can find very rarely young plant, as well as harvested yield (either hay, or grain/seed) heavy metal contents, derived from the same long-term field trial. In the paper, using the approach of MACNICOL and BECKETT (1985), there where chosen the treatments with the least toxic element concentrations (LTC), resulted in min. 10 % yield losses. In agreement with the literature, we found higher heavy metal contents in the *young plants/vegetative parts*, than in the *grains/seeds*. In the paper, the first twenty-year data of the field trial is presented.

## Bevezetés

Az egyes potenciálisan káros elemeket, táplálékláncban való viselkedésük szempontjából, két fő csoportba oszthatjuk: a növények az oldható só formájában erősen fitotoxikus elemeket már kis koncentrációban felvéve, kipusztulnak. Ily módon, ezek az elemek már a talaj-növény-állat-ember tápláléklánc második eleménél, a növénynél „megállnak”. Vannak azonban olyan, ún. „alattomos” elemek is, amelyek kevésbé fitotoxikusak, és így a növények nagy koncentrációban is képesek felvenni azokat. Ez utóbbi esetben igen komoly annak a veszélye, hogy ezek az elemek a talaj-növény-állat-ember tápláléklánc harmadik és negyedik láncszeméig is eljutnak, és így komoly állat-, ill. humán egészségügyi kockázatot jelenthetnek (ADRIANO, 1986; LISK, 1972, KABATA-PENDIAS és PENDIAS, 1984).

Irodalmi adatok szerint, a növények elsősorban a generatív növényi részt védik az abiotikus stresszekkel, így a nehézfém terheléssel szemben is. A vegetatív növényi részekben ezért általában nagyobb nehézfém koncentrációkat mérünk (ADRIANO, 1986; KABATA-PENDIAS és PENDIAS, 1984).

Természetesen az is befolyásolhatja az egyes mikroelemek felvételét, hogy potenciálisan toxikus, avagy esszenciális mikroelemről van-e szó (KÁDÁR, 2012).

A szakirodalomban csak ritkán találunk olyan eredményeket, amikor ugyanazon kísérletben a fiatalkori növény/vegetatív növényi részek és a mag/szemtermés nehézfém tartalmait is közlik.

Nehézfém terheléses tartamkísérletünk adatbázisában, MACNICOL és BECKETT (1985) megközelítését használva, meghatároztuk, hogy a különböző növényi részekben az egyes elemek milyen legkisebb növénybeli koncentrációjánál (LTK) érik el először a legalább 10 %-os termésnövekedést.

## Anyag és módszer

*1991 tavaszán Kádár Imre szabadföldi nehézfém terheléses tartamkísérletet állított be az MTA ATK Talajtani és Agrokémiiai Intézet nagyhorcsóki kísérleti telepén, meszes csernozjom talajon. A 13 mikroelem oldható sói (AlCl<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/NaAsO<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub>, CdSO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>, HgCl<sub>2</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>, NiSO<sub>4</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, SrSO<sub>4</sub> és ZnSO<sub>4</sub>) 0/30; 90; 270; ill. 810 kg ha<sup>-1</sup> elemi fém adagban, két ismétlésben került kijuttatásra.*

**A talaj szántott rétegében pH(KCl) = 7,8; CaCO<sub>3</sub> = 6 %; K<sub>A</sub> = 37; humusz = 3 % értékeket mértünk. A kísérlet talaja kielégítő Ca-, Mg-, Mn- és Cu-, közepes N- és K-, és igen gyenge-gyenge P- és Zn- ellátottságokat mutatott.**

Az egyes potenciálisan káros elemek fitotoxikus hatását, ill. elemfelvételi sajátosságait MACNICOL és BECKETT (1985) módszere alapján vizsgáltuk, mely során meghatároztuk a legalább 10 %-os termésnövekedéshez kapcsolódó legkisebb toxikus elemkoncentrációkat (LTK; mg kg<sup>-1</sup>). A szárazanyag produkció és az elemtartalom vizsgálat is légszáraz mintákból történt, cc. HNO<sub>3</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> roncsolást követően.

A növényi sorrend a vizsgált 20 évben a következő volt: 1991: kukorica; 1992: sárgarépa; 1993: burgonya; 1994: borsó; 1995: cékla; 1996: spenót; 1997: búza; 1998: napraforgó; 1999: sóska; 2000: árpa; 2001: őszi káposztarepce; 2002: mák; 2003: tritikálé; 2004-2008: lucerna; 2009: ugar és 2010: gyep (KÁDÁR, 2012). A mikroelemek kimutathatósági értéke

## Nehézfém terhelés hatása a fiatalkori növény/vegetatív növényi rész, ill. a mag/szemtermés toxikus elem tartalmára szabadföldi tartamkísérletben

(mg kg<sup>-1</sup>) a növényi szövetben: As (0,4); Ba (0,25); Cd (0,02); Cr (0,1); Cu (0,25); Hg (0,3); Mo (0,04); Ni (0,2); Pb (0,3); Se (0,6); Sr (0,25); Zn (0,3). Azokban az esetekben, amikor a szövet elemtartalma a kimutathatósági érték alatt volt, a kimutathatósági érték felével számoltunk. A fitotoxicitást a szárazanyag produkció/a termés csökkenésével fejeztük ki (%).

### Eredmények és értékelésük

A fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben a legalacsonyabb toxikus elem dózisos (LTA), a termés-csökkenések mértéke (%), az LTK értékek, valamint a kontroll növények nehézfém tartalmai a növények átlagában szerepelnek. A potenciálisan káros elemek toxicitásuk sorrendjében következnek egymás után (1. táblázat).

A humán egészségügyi szempontból kiemelt fontosságú, nem esszenciális elemek közül a fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben az alábbi átlagos elemtartalmakat kaptuk a kontrollon, ill. a fitotoxikus kezelésben: Cr 0,2 → 3,2 mg kg<sup>-1</sup>; As 0,2 → 3,7 mg kg<sup>-1</sup>; Hg 0,3 → 11,2 mg kg<sup>-1</sup>; Cd 0,3 → 22,4 mg kg<sup>-1</sup>; Ni 0,7 → 2,2 mg kg<sup>-1</sup>; Pb 1,0 → 3,6 mg kg<sup>-1</sup>; Sr 102 → 291 mg kg<sup>-1</sup>; az esszenciálisak közül pedig: Mo 0,3 → 373,3 mg kg<sup>-1</sup>; Se 4,5 → 435,2 mg kg<sup>-1</sup>; Cu 8,0 → 13,2 mg kg<sup>-1</sup> és Zn 14,1 → 33,8 mg kg<sup>-1</sup>.

**1. táblázat. A legkisebb toxikus elemkoncentrációk (LTK), ill. a legalacsonyabb toxikus elem dózisos (LTA), amelyek min. 10 %-os termés-kiesést okoztak (mg kg<sup>-1</sup>) a fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben. Meszes csernozjom, Nagyhörscök, 1991-2010.**

Elem	Fitotoxikus évek száma, n	A fitotoxicitás átlagos tartamhatása, év	A legkisebb, minimum ≥ 10 % termés-csökkenést kiváltó fém adag (LTA) kg/ha	A fitotoxikusság mértéke (LM) %	Elemkoncentráció		
					Ø, mg/kg	A legkisebb, minimum ≥ 10 % termés-csökkenést kiváltó kezelésben (LTK)	LTK/Ø, %
Se	11	6	155	37	4,5	435,2	96
As	6	9	555	31	0,2	3,7	19
Mo	4	8	495	31	0,3	373,3	1244
Pb	1	5	90	31	1,0	3,6	4
Cd	7	8	252	28	0,3	22,4	72
Ni	4	9	180	26	0,7	2,2	3
Cr	11	10	439	24	0,2	3,2	14
Cu	5	11	342	23	8,0	13,2	2
Zn	4	13	315	19	14,1	33,8	2
Hg	2	2	810	19	0,3	11,2	41
Ba	1	20	90	18	13,0	16,0	1
Sr	1	14	450	13	102,0	291,0	3
Átlag	5	10	348	25	12	101	125 (8)

Ezen elemek a szennyezett talajokon nőtt fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben eltérő módon halmozódtak fel az LTA kezeléseknél: 0,1-1,0 mg kg<sup>-1</sup> koncentráció tartományban egy elem sem volt. A nem esszenciális elemek közül, az 1,1-10,0 mg kg<sup>-1</sup> tartományban 4 elem: Ni, Cr, Pb és As; a 10,1-100 mg kg<sup>-1</sup> tartományban a Hg és Cd szerepeltek. Ebben a csoportban legnagyobb felhalmozódási hajlamot a Sr mutatott 100,1-1000 mg kg<sup>-1</sup> közötti elemtartalommal. Szennyezett talajokon, az LTA

kezelésekben, az esszenciális elemek először a 10,1-100 mg kg<sup>-1</sup> tartományban jelentek meg: két elem, a Cu és a Zn. Ebben a csoportban 100,1-1000 mg kg<sup>-1</sup> közötti elemtartalmakkal, a legnagyobb felhalmozódási hajlammal a Mo-t és a Se-t találjuk az LTA kezelésekben (**1. táblázat**).

A 10 év alatti és a 10 év körüli átlagok jelezték a valódi fitotoxicitást, mivel a fém sók talajból való felvehetősége – a Cd kivételével – fokozatosan csökkent az évek múlásával (KÁDÁR, 2012; SZABÓ et al., 2015). Ilyen értelemben, a kísérletben egyértelműen fitotoxikus elemeknek voltak tekinthetők a Se, a Mo, a Pb, az As, a Cr, a Cd és részben a Hg. A *fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben* a szennyezett talajon a kontrollhoz képest átlagosan 125-szörösére nőttek az elemkoncentrációk. A legnagyobb (mintegy 15-1240-szeres) elemtartalom növekedést a Cr, az As, a Hg, a Cd, a Se és a Mo (ez utóbbi - esszenciális elemek lévén - kiugróan nagyot), míg a legkisebbet (1-4-szerest) a Ba, a Cu, a Zn, a Ni, az Sr és a Pb mutatott (**1. táblázat**).

A generatív *mag/szemtermésekben* a legalább 10 %-os termésnövekedéshez kötődő elemkoncentrációkat a **2. táblázatban** összegeztük.

**2. táblázat. A legkisebb toxikus elemkoncentrációk (LTK), ill. a legalacsonyabb toxikus elem dózisosok (LTA), amelyek min. 10 %-os termésnövekedést okoztak (mg kg<sup>-1</sup>) a mag/szemtermésekben.**

**Meszes csernozjom, Nagyhorcsók, 1991-2010.**

Elem	Fitotoxikus évek száma, n	A fitotoxicitás átlagos tartamhatása, év	A legkisebb, minimum ≥ 10 % termésnövekedést kiváltó fém adag (LTA) kg/ha	A fitotoxikusság mértéke (TM) %	Elemkoncentráció		
					Ø, mg/kg	A legkisebb, minimum ≥ 10 % termésnövekedést kiváltó kezelésben (LTK)	LTK/Ø, %
As	8	6	401	36	0,2	0,2	1
Se	11	6	159	28	0,8	130,8	168
Cd	9	6	297	24	0,2	1,9	13
Cr	8	5	306	23	0,2	1,0	5
Ni	3	6	210	22	0,9	4,3	5
Mo	4	3	315	19	0,4	57,5	137
Ba	1	5	810	19	23,0	43,0	2
Hg	4	5	75	18	0,1	0,2	3
Sr	3	8	330	18	12,7	18,1	1
Pb	2	6	180	18	0,1	0,1	1
Cu	4	7	450	15	8,3	10,5	1
Zn	2	7	450	11	26,0	72,5	3
Átlag	5	6	332	21	6	28	28 (5)

Az LTA, a termésnövekedés mértéke (%), az LTK értékek, valamint a kontroll növények *mag/szemtermésének* nehézfém tartalmait itt is a növények átlagában szerepelnek. A potenciálisan káros elemek szintén a toxicitásuk sorrendjében következnek.

A humán egészségügyi szempontból kiemelt fontosságú nem esszenciális elemek közül a kontrollon, illetve a fitotoxikus kezelésben a *mag/szemtermésekben* az alábbi átlagos elemtartalmakat kaptuk: Pb 0,1 → 0,1 mg kg<sup>-1</sup>; Hg 0,1 → 0,2 mg kg<sup>-1</sup>; As 0,2 → 0,2 mg kg<sup>-1</sup>; Cr 0,2 → 1,0 mg kg<sup>-1</sup>; Cd 0,2 → 1,9 mg kg<sup>-1</sup>; Ni 0,9 → 4,3 mg kg<sup>-1</sup>; Sr 12,7 → 18,1

## **Nehézfém terhelés hatása a fiatalkori növény/vegetatív növényi rész, ill. a mag/szemtermés toxikus elem tartalmára szabadföldi tartamkísérletben**

mg kg<sup>-1</sup>; az esszenciálisak közül: Mo 0,4 → 57,5 mg kg<sup>-1</sup>; Se 0,8 → 131 mg kg<sup>-1</sup>; Cu 8,3 → 10,5 mg kg<sup>-1</sup>; Zn 26,0 → 72,5 mg kg<sup>-1</sup> (**2. táblázat**).

A két legfitotoxikusabb elem mind a *fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben*, mind a *mag/szemtermésben*, az As és a Se volt. A fitotoxikus évek számát illetően, szintén, mind a *fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben*, mind a *mag/szemtermésben*, hasonló tendenciák érvényesültek: a legtöbb, legalább 6 évben a Se, a Cr, a Cd és az As voltak fitotoxikusak. Ez érthető is, ha figyelembe vesszük, hogy ezen a meszes, alkalikus jellegű vályog talajon nem annyira a kationos, mint inkább az anionos (szelenát, kromát, arzenát) formában előforduló elemek az oldhatóbbak.

A hét legtoxikusabb elem közül hat (As, Se, Cd, Ni, Mo és Cr) mind a *fiatalkori növény/vegetatív növényi részekben*, mind a *mag/szemtermésben* megtalálható volt. Az elemek átlagában, mindkét esetben 5-5 évben tapasztaltunk fitotoxicitást.

A fitotoxicitás átlagos tartamhatásában (10 év a *fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben* és 6 év a *mag/szemtermésben*) meglevő különbség vélhetően annak is betudható, hogy a kísérlet 14-20. évében a vegetatív (széna) termést adó lucerna, ill. gyep volt a jelzőnövény (**1-2. táblázat**).

A legkisebb, minimum 10 %-os termésnövekedést kiváltó nehézfém adagok (LTA) azonosnak voltak tekinthetőek a kétféle növényi rész összevetésében (330-350 kg ha<sup>-1</sup>). A fitotoxikusság mértéke kissé nagyobb volt a vegetatív részekben (25 %), mint a generatív szervekben (21 %). Mindenképpen figyelemre méltó, hogy míg a *fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben* 8 elem mutatott 20 %-nál nagyobb fitotoxicitást, addig a generatív *mag/szemtermésben* csupán 5 elem. Addig, amíg a kontroll parcellákon nőtt növények vegetatív részében 12 mg kg<sup>-1</sup> volt a (kevésbé értelmezhető) átlagos elemkoncentráció, addig a *mag/szemtermésben* annak csupán fele, 6 mg kg<sup>-1</sup>. A kontroll kezeléseknél, a legnagyobb elemtartalmakat – a vegetatív részekhez hasonlóan – az esszenciális, illetve a semleges, fitotoxikusnak nem, vagy kevésbé tekinthető elemek (Cu, Zn, Ba és Sr) mutattak (**1-2. táblázat**).

Míg a szennyezett talajokon a *fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben* a legkisebb, minimum 10 %-os termésnövekedést kiváltó kezeléseknél mintegy 100 mg kg<sup>-1</sup> volt az átlagos elemtartalom, addig a *mag/szemtermésben* annak csupán egyharmada, mintegy 30 mg kg<sup>-1</sup> (**1-2. táblázat**).

Az egyes potenciálisan káros elemek a szennyezett talajokon nőtt *mag/szemtermésben* ugyancsak eltérő módon halmozódtak fel az LTA kezeléseknél. Mindenképpen figyelemre méltó ugyanakkor, hogy, a nem esszenciális elemek vonatkozásában, a *fiatalkori növényekkel/vegetatív növényi részekkel* való összehasonlításban, a szennyezett parcellákon nőtt növényekben, a *mag/szemtermésben* következetesen egy nagyságrenddel kisebb káros elem tartalmakat mértünk: már a 0,1-1,0 tartományban is előfordult 4 elem, a Pb, az As, a Hg és a Cr. Az 1,1-10,0 mg kg<sup>-1</sup> tartományban a Cd és a Ni szerepeltek a generatív szervekben. A nehézfémeknek a táplálékláncban való viselkedése szempontjából mindenképpen kedvező, hogy a *mag/szemtermésben* minimális volt az As, a Cr, a Pb, a Hg és a Cd koncentráció; bár ez utóbbiban (1,9 mg kg<sup>-1</sup>) még mindig a humán élelmiszerekben megengedett koncentráció (0,5 mg kg<sup>-1</sup>) feletti. Ezen a csoporton belül a legnagyobb felhalmozódási hajlamot szintén a Sr mutatott, 10,1-100 mg kg<sup>-1</sup> közötti elemtartalommal. Ennek oka az lehet, hogy a növények legjobban a generatív szerveket védik a külső abiotikus stresszrel, így a potenciálisan káros elem terhelésekkel szemben is (ADRIANO, 1986; KABATA-PENDIAS és PENDIAS, 1984) (**2. táblázat**).

Szennyezett talajokon, az LTA kezeléseknél, az esszenciális elemek először, a *fiatalkori növényhez/vegetatív növényi részekhez* hasonlóan, ugyancsak a 10,1-100 mg kg<sup>-1</sup> tartományban jelentek meg: 3 elem, a Cu, a Mo és a Zn. Ezen a csoporton belül, 100,1-1000 mg kg<sup>-1</sup> közötti elemtartalmakkal, a legnagyobb felhalmozódási hajlammal a Se-t találjuk az LTA kezeléseknél (2. táblázat).

A *mag/szemtermésben* a szennyezett talajon a kontrollhoz képest átlagosan “csupán” 28-szorosára nőttek az elemkoncentrációk (a *fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben* ez a mutató 125-szörös volt) (1-2. táblázat).

A *mag/szemtermésekben* a legnagyobb (5-170-szeres) elemtartalom növekedést a Ni, a Cr, a Cd, a Mo és a Se (ez utóbbi kettő - esszenciális elemek lévén - kiugróan nagyot), míg a legkisebbet (1-3-szorost) az As, a Cu, a Pb, a Sr, a Ba, a Hg és a Zn elemeknél kaptunk (2. táblázat).

### Következtetések

Termesztett növényeink generatív szerveiket sokkal erőteljesebben védik az abiotikus stresszekkel, így a nehézfém terheléssel szemben is, mint a *fiatalkori növény/vegetatív növényi részeket*. Ezt igazolták a nehézfém terheléses tartamkísérletben kapott eredményeink is: a szennyezett talajokon nőtt kísérleti növények jóval kevesebb, nem esszenciális potenciálisan káros elemet (egy nagyságrenddel kisebb elemkoncentrációkat) engedtek felhalmozódni a *mag/szemtermésükben*, mint a *fiatalkori növényben/vegetatív növényi részekben*.

Az esszenciális elemek vonatkozásában ez a tendencia (az egy nagyságrendnyi különbség) viszont már nem jelentkezett a vegetatív illetve a generatív szervek között, ezeknél az elemeknél gyakorlatilag azonos koncentráció tartományok fordultak elő a kétféle növényi részben. Kísérleti adataink jó egyezőséget mutatnak a világ legismertebb szennyvíziszap kijuttatásos tartamkísérleteiben kapott eredményekkel (JUSTE és MENCH, 1992).

A nehézfém terheléses szabadföldi tartamkísérlet további értékes szintézisekre ad lehetőséget.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Prof. Dr. Kádár Imrének, a nehézfém terheléses tartamkísérlet beállítójának a kísérleti alapadatok rendelkezésre bocsátásáért.

### Irodalomjegyzék

ADRIANO, D.C. (1986): Trace Elements in the Terrestrial Environment. Chapter Chromium. Springer New York. p. 156-180.

JUSTE, C. & MENCH, M. (1992): Long-term application of sewage sludge and its effects on metal uptake by crops. Biogeochemistry of trace metals Book Series. ADRIANO D.C. (eds.) Advances in trace substances research. p. 159-193.

LISK, D.J. (1972): Trace metals in soils, plants and animals. Advances in Agronomy. 24. p. 267-325.

## **Nehézfém terhelés hatása a fiatalkori növény/vegetatív növényi rész, ill. a mag/szemtermés toxikus elem tartalmára szabadföldi tartamkísérletben**

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. (1984): Trace elements in soils and plants. CRC Press. Inc., Boca Raton, Florida. p. 315.

KÁDÁR, I. (2012): A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. MTA ATK TAKI, Budapest. p. 360.

MACNICOL, R.D. & BECKETT, P.H.T. (1985): Critical tissue concentrations of potentially toxic elements. Plant and Soil. (85) p. 107-129.

SZABÓ, A., POKOVALI, K., RÉKÁSI, M., CSATHÓ, P., KÁDÁR, I. & LEHOCZKY, É. (2015): Changes in soluble element contents in heavy metal loading field trial set up on a calcareous chernozem soil. Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Symposium on Analytical and Environmental Problems. University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry. p. 72-75.





### Nehézfém terhelés fitotoxikus hatása a főtermékek mennyiségére meszes csernozjom talajon beállított szabadföldi tartamkísérletben

*Szabó Anita – Pokovai Klára – Rékási Márk – Sándor Renáta – Csathó Péter*

*MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.*

*E-mail: [szabo.anita@agrar.mta.hu](mailto:szabo.anita@agrar.mta.hu)*

#### Összefoglalás

Környezetünk fokozódó nehézfém terhelése, illetve az egészségügyi szempontból biztonságos élelmiszerek fogyasztása iránti igény, a szennyező mikroelemek táplálékláncban való viselkedését az agrár-kutatások fókuszába helyezte.

1991 tavaszán Kádár Imre szabadföldi nehézfém terheléses tartamkísérletet állított be az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet nagyhőrcsöki kísérleti telepén, meszes csernozjom talajon. A 13 mikroelem oldható sóit ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3/\text{NaAsO}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{SrSO}_4$  és  $\text{ZnSO}_4$ ) 0; 90; 270 illetve 810 kg ha<sup>-1</sup> elemi fém adagban juttatta ki. Jelen dolgozatban a kísérlet 1-20 évi eredményeit ismertetjük.

Az elemek azon adagját tekintettük fitotoxikusnak, amely legalább 10 %-os termésnövekedést okozott a kontrollhoz viszonyítva. Azt tapasztaltuk, hogy az idő előrehaladtával, a kísérlet kezdetén adott, potenciálisan szennyező elemek fitotoxikus hatása mérséklődött, majd megszűnt. A hatályos jogszabályok értelmében (amelyek a maximálisan megengedhető összes potenciális káros elem tartalmakat határozzák meg), ez természetesen nem jelenti azt, hogy ezen - bár lecsökkent oldhatóságú, de továbbra is erősen szennyezett - talajok valaha is alkalmasak lesznek szántóföldi növények- vagy zöldségfélék termesztésre.

#### Summary

A long-term heavy metal load field experiment was set up by Imre Kádár on a calcareous chernozem soil with loam texture at Nagyhőrcsök, Hungary in 1991. The phytotoxic effect of 13 individual metal applications, given in soluble salt forms ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3/\text{NaAsO}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{SrSO}_4$  and  $\text{ZnSO}_4$ ), in 0; 90; 270 or 810 kg ha<sup>-1</sup> metal element doses was investigated on the main yields, expressed as relative yields (control = 100 %) in the 1<sup>st</sup> to the 20<sup>th</sup> years period.

The phytotoxic effect of initially added build-up doses of potentially harmful elements diminished with the course of time. Obviously, it does not mean, that these heavily contaminated soils would become fit for food crop production at any times, not even mentioning vegetable production.

#### Bevezetés

Az ipari forradalom eredményeképpen földünk száraz és nedves üledéssel történő évenkénti nehézfém terhelése nagyságrendekkel növekedett. A mezőgazdasági területek nehézfém terheléséhez a talajképző kőzetek, ásványok és talajok természetes nehézfém tartalmán túl a műtrágyák, talajjavító anyagok, peszticidek, szennyvizek, szennyvíziszapok, az ipari termelés, a közlekedés, az urbanizáció (pl. városi kertekben) jelentős mértékben hozzájárulhatnak. Mivel a nehézfémek, potenciális káros elemek bizonyos koncentráció, illetve terhelés felett az emberi szervezetben komoly egészségkárosodást okozhatnak, kiemelt fontosságú ezen elemeknek a talaj-növény-állat-ember táplálékláncban történő viselkedésének tanulmányozása (NRIAGU, 1988; LEHOCZKY et al., 1998 & CSATHÓ, 1994).

Annak ellenére, hogy Magyarországon (és a többi kelet-, illetve közép-európai országban) mezőgazdasági művelés alatt álló talajaink sokkal kevésbé szennyezettek nehézfémekkel, mint a nyugat-európai országoké, talajaink környezet-egészségügyi szempontú monitorozása mellett kutatói feladat a nehézfém- és egyéb potenciális káros elem terhelésnek talaj-növény-állat táplálékláncban történő vizsgálata, kontrollált körülmények között, szabadföldi tartamkísérletekben.

### Anyag és módszer

**1991 tavaszán Kádár Imre nehézfém terheléses szabadföldi tartamkísérletet állított be az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet (ma: MTA ATK TAKI) nagyhorcsöki kísérleti telepén, löszön képződött meszes csernozjom talajon.**

A talaj szántott rétegében  $\text{pH}(\text{KCl}) = 7,8$ ;  $\text{CaCO}_3 = 6 \%$ ;  $\text{K}_A = 37$ ; humusz =  $3 \%$  értékeket mértünk. A kísérlet talaja kielégítő **Ca-, Mg-, Mn- és Cu-, közepes N- és K-, és igen gyenge-gyenge P- és Zn- ellátottságokat mutatott.**

A nehézfém terheléses kísérlet 13 potenciálisan káros elem oldható só formájában ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NaAsO}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{HgCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{SrSO}_4$  és  $\text{ZnSO}_4$ ) 0; 90; 270 és  $810 \text{ kg ha}^{-1}$  elemi fém mennyiségekkel, split-plot elrendezésben, két ismétlésben került beállításra.

Az egyes elemeknek a főtermés mennyiségekre gyakorolt fitotoxikus hatását relatív termésben fejeztük ki (kontroll =  $100 \%$ ), az 1991 és 2010 közötti (1-20 évi) időszakban. Értékelésünkbe adott káros elemnél csak azon éveket vontuk be, ahol az adott káros elem bármelyik adagja hatására legalább  $10 \%$ -os termésnövekedés következett be.

A termesztett növények sorrendje az alábbi volt: 1991: kukorica; 1992: sárgarépa; 1993: burgonya; 1994: borsó; 1995: cékla; 1996: spenót; 1997: búza; 1998: napraforgó; 1999: sóska; 2000: őszi árpa; 2001: repce; 2002: mák; 2003: tritikálé; 2004-2008: lucerna; 2009: ugar és 2010: gyep (KÁDÁR, 2012).

### Eredmények és értékelésük

A főtermések relatív termésben kifejezett százalékos termésnövekedéseit az egyes elemek átlagos fitotoxicitása sorrendjében mutatjuk be (**1. táblázat**).

Mint korábban utaltunk rá, az **1. táblázatban** csak azoknak az éveknél az átlagai szerepelnek, amely években az adott nehézfém hatására legalább  $10 \%$ -os termésnövekedés lépett fel, azaz a fémterheléses kezelés termése a kontroll termések  $\leq 90 \%$  volt. A  $90\text{-}270\text{-}810 \text{ kg ha}^{-1}$  kezelések átlagában az egyes elemek fitotoxicitása az

## Nehézfém terhelés fitotoxikus hatása a főtermékek mennyiségére meszes csernozjom talajon beállított szabadföldi tartamkísérletben

alábbi sorrendben csökkent: Se > Cd > Cr > Ba > Al > Pb > As > Mo > Hg > Cu > Ni > Zn > Sr. A legkisebb, a kontroll %-ában kifejezett relatív terméseket, azaz a legnagyobb fitotoxikus hatást a Se mutatott (48 %), míg legkevésbé fitotoxikusnak a Zn és a Sr bizonyult (95-96 % relatív termések). 90 % alatti átlagos relatív terméseket az összesen 13 elemből 9 elem (a Se, a Cd, a Cr, a Ba, az Al, a Pb, a Hg, az As és a Mo) eredményezett. Amennyiben abból indulunk ki, hogy bármely elem növekvő adagja növekvő fitotoxicitást kell hogy mutasson, akkor a táblázat utolsó négy eleméből három (Cu, Ni, Sr) nem felel meg ennek a kritériumnak, tehát ilyen feltételek mellett nem tekinthetőek fitotoxikusnak a vizsgált meszes csernozjom talajon.

**1. táblázat. A potenciálisan káros nehézfém terheléseknek a relatív termésekben (Ø = 100 %) kifejezett fitotoxikus hatása, a növények átlagában. Meszes csernozjom, Nagyhörscök, 1991-2010.**

Elem	Fitotoxikus évek száma, n	A fitotoxicitás átlagos tartamhatása, év	Főtermés mennyiségek a kontrollok (0 kg ha <sup>-1</sup> ) %-ában (kontroll = 100 %)				SzD <sub>5%</sub>	Átlag (90-810 kg ha <sup>-1</sup> ), %
			Nehézfém adag (kg ha <sup>-1</sup> ) 1991 tavasz					
			0	90	270	810		
Se	15	8	100	87	35	23	7	48
Cd	9	10	100	86	75	53	10	71
Cr	11	10	100	89	73	59	8	74
Ba	1	20	100	82	81	74	15	79
Al	4	16	100	89	82	81	8	84
Pb	2	9	100	97	81	78	18	85
Hg	6	13	100	99	87	79	9	89
As	14	10	100	99	97	66	8	88
Mo	2	9	100	101	94	70	16	88
Cu	3	17	100	97	81	94	9	91
Ni	2	17	100	92	91	97	10	93
Zn	4	17	100	99	93	94	8	95
Sr	2	19	100	89	99	99	13	96
<b>Átlag</b>	6	13	100	93	82	74	11	83

Az **1. táblázatban** azt is feltüntettük, hogy az adott elem hány évben eredményezett valamelyik kezelésben legalább 10 %-os terméscsökkenést. A fitotoxikus évek számát illetően az elemek sorrendje az alábbiak szerint alakult: Se > As > Cr > Cd > Hg > Al > Zn > Cu > Mo > Ni > Pb > Sr > Ba. Bár az Al, a Pb és a Ba kezelése átlagos relatív termése 90 % alatti volt, ugyanakkor a fitotoxikus évek kis száma (1-4) miatt ezek az elemek sem voltak fitotoxikusnak tekinthetőek a meszes vályog talajon. Bár Mo toxicitást is csupán 2 évben tapasztaltunk, annak átlagos mértéke a legnagyobb, 810 kg ha<sup>-1</sup> adag hatására jelentős, 30 % volt (70 % relatív termés). A Mo-hez hasonlóan „viselkedett” az As is (bár az As 14 évben is mutatott fitotoxikus hatást), abban a vonatkozásban, hogy az évek átlagában ennél az elemnél is csak a 810 kg ha<sup>-1</sup> adag eredményezett 90 % alatti relatív termést. Ott viszont a 14 év átlagában is csak 66 % volt a relatív termés. A fitotoxicitás átlagos időtartama azt mutatja, hogy az adott elem az egyszeri kezdeti fémterhelés után átlagosan a hányadik évben volt fitotoxikus. A 10 év alatti átlagos értékek azt jelzik, hogy az adott elem főképpen a kísérlet kezdeti szakaszában okozott terméscsökkenést; a 10 év körüliek, hogy végig az egész 20 év alatt; a 10 év felettek pedig

azt, hogy csupán a kísérlet későbbi szakaszában. Itt jegyezzük meg, hogy a kísérlet 14. évétől 5 éven át lucerna, 1 évben ugar és 1 évben gyp szerepelt a kísérletben. Ezekben az években a vegetatív szénatermékek jelentették a főterméseket.

A 10 év alatti és a 10 év körüli átlagok jelezhetnék a valódi fitotoxicitást, hisz a fémek oldékonysága fokozatosan csökkent az évek múlásával (KÁDÁR, 2012; SZABÓ et al., 2015). Ilyen értelemben, a kísérletben egyértelműen fitotoxikus elemeknek voltak tekinthetők a Se, a Mo, a Pb, az As, a Cr, a Cd és részben a Hg. A 15 év feletti átlagok inkább a két ismétléses kísérlet szórására utalhatnak. Így a vizsgált meszes csernozjom talajon, nem fitotoxikus elemeknek voltak tekinthetőek a 15 év feletti átlaggal bíró elemek: az Al, a Zn, a Ni, a Cu, az Sr és a Ba. Ezt erősíti az a tény is, hogy ezen elemek átlagos fitotoxikus hatása is többnyire mérsékelt volt (**1. táblázat**).

Amennyiben az Al-t és a Ba-t nem tekintjük jelen kísérlet körülményei között fitotoxikusnak, akkor azt a megállapítást tehetjük, hogy átlagos termésnövekedési hatásukat tekintve, a Se, a Cd és a Cr már a 90 kg ha<sup>-1</sup> adagtól, a Pb és a Hg 270 kg ha<sup>-1</sup> adagtól, míg az As és a Mo a legnagyobb, 810 kg ha<sup>-1</sup> adagtól/adagnál mutatott 10 %-nál nagyobb termésnövekedést a fitotoxikus évek átlagában.

**2. táblázat. Nehézfém terhelés hatása a különböző növények relatív termésben kifejezett termésnövekedésére (Ø = 100 %).  
Meszes csernozjom, Nagyhörccsök, 1991-2010.**

Elem	Év																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Se	69	53	42	23	23	28	31	23	22	22	50	76	91		93		82			
As		90	98	74	107	70	88		88	65	92	76	95	106	NA		90			87
Cr	36	19	67	73	56		86							97	NA	102	90	99		87
Cd					41	49	88	69	69	77		58			NA	98		93		
Hg		86	75												NA	96	95	87		93
Al														86	NA	90	72	89		
Zn														94	NA	93	87			108
Cu														97	NA			98		77
Mo	80														NA	96				
Ni														93	NA					93
Pb	85														NA		86			
Sr															NA		101			91
Ba															NA					79
Év	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A fitotoxicitás átlagos értéke, %	68	62	71	57	57	49	73	46	60	55	71	70	93	96	93	96	88	93	-	89
Növény	Kukorica	Sárgarépa	Burgonya	Borsó	Cékla	Spenót	Búza	Napraforgó	Sóska	Őszi árpa	Repece	Mák	Tritikálé	Lucerna	Lucerna	Lucerna	Lucerna	Lucerna	-	Gyep

## **Nehézfém terhelés fitotoxikus hatása a főtermékek mennyiségére meszes csernozjom talajon beállított szabadföldi tartamkísérletben**

---

Mivel az **1. táblázatban** a fitotoxikus évek átlagában kapott eredmények szerepelnek, fontosnak tartottuk annak a bemutatását is, hogy a fém kijuttatások óta eltelt idő, illetve a természetett növények függvényében, évről évre hogyan alakulnak a fitotoxikus hatások (**2. táblázat**).

A **2. táblázatban** bemutatásra került az adott évhez/adott növényhez kötődő, az abban az évben fitotoxikus elemeknek a 90-270-810 kg ha<sup>-1</sup> adagok átlagában kifejezett termés-csökkenő hatása is. A fitotoxicitás mértékét (hasonlóan az **1. táblázathoz**) a károsodott növények főtermésének a kontroll %-ában kifejezett relatív termése jelezte.

A 13. évig, a mag/szemtermést adó szántóföldi növények, illetve a zöldségnövények vonatkozásában a Se, az As, a Cr, és a Cd mutattak leggyakrabban fitotoxikus hatást. A Hg 2 évben, a Mo és a Pb a kijuttatás évében okozott még termés-csökkenést. A fitotoxicitás a 14. évtől a lucerna és gyepek kultúrákban számos további, az első 13 évben említetten túli elemekre is kiterjedt (**2. táblázat**).

Az adott év átlagos fitotoxikus hatása ugyanakkor ezekben az években jóval kisebbnek bizonyult, mint ahogy azt a kísérlet első 13 évében tapasztaltuk (**2. táblázat**). Az oldható sók formájában kijuttatott fémek potenciális toxikus elemek könnyen (LE-) oldható frakciója a kísérlet első éveiben rohamosan csökkenni kezdett a szántott rétegben és egy alacsonyabb koncentráción jutott utána egyensúlyba. Ez alól csak a LE-oldható Cd-tartalmak voltak kivételek. Itt említjük meg, hogy a Cr és Se elemeknek a 6 m-es szelvény-mélységig való lemosódását is ki lehetett mutatni (KÁDÁR, 2012; SZABÓ et al., 2015).

### **Következtetések**

Az idő előrehaladtával, a kísérlet kezdetén oldható só formájában adott, potenciálisan szennyező elemek fitotoxikus hatása mérséklődött, majd megszűnt. Természetesen ez nem azt jelenti, hogy ezen erősen szennyezett talajok valaha is alkalmasak lesznek szántóföldi növények, vagy zöldségfélék termesztésére.

### **Köszönetnyilvánítás**

A szerzők köszönetüket fejezik ki Prof. Dr. Kádár Imrének, a nehézfém terheléses tartamkísérlet beállítójának a kísérleti alapadatok rendelkezésre bocsátásáért.

### **Irodalomjegyzék**

CSATHÓ, P. (1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. MTA TAKI, Budapest. p. 176.

KÁDÁR, I. (2012): A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. MTA ATK TAKI, Budapest. p. 360.

LEHOCZKY, É., MARTH, P., SZABADOS, I. & SZOMOLÁNYI, Á. (1998): Effect of liming on the heavy metal uptake by lettuce. *Agrokémia és Talajtan*. **47**. (1-4) p. 229-234.

NRIAGU, J.O. (1988): *Environm. Pollut.* **50**: 139-161. Cit: ALLOWAY, B.J. (ed.) (1990): *Heavy metals in soils*. Blackie and Son Ltd, Glasgow – London. p. 339.

SZABÓ, A., POKOVAL, K., RÉKÁSI, M., CSATHÓ, P., KÁDÁR, I. & LEHOCZKY, É. (2015): Changes in soluble element contents in heavy metal loading field trial set up on a calcareous chernozem soil. Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Symposium on Analytical and Environmental Problems. University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry. p. 72-75.

### Talajszenzorok mérésének összehasonlító elemzése különböző besugárzásviszonyok mellett

Centeri Csaba<sup>1</sup>, Szabó Boglárka<sup>1</sup>, Oláh Izabella<sup>1</sup>, Szabó Kornél<sup>3</sup>, Bíró Zsolt<sup>2</sup>, Dobó Zsófia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, MKK, TTI, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék, Gödöllő, [centeri.csaba@mkk.szie.hu](mailto:centeri.csaba@mkk.szie.hu)

<sup>2</sup>Szent István Egyetem, MKK, VMI, Gödöllő, [bzsolti@ns.vvt.gau.hu](mailto:bzsolti@ns.vvt.gau.hu)

<sup>3</sup>Dr. Szabó Agrokémiai Kft., 8790 Zalaszentgrót, Városmajor u. 169/16 hrsz., e-mail: [szabo.kornel@jogzadaprogram.hu](mailto:szabo.kornel@jogzadaprogram.hu)

#### Összefoglalás

A mezőgazdasági művelésre alkalmas területek kiterjedésének csökkenése, és a talajkészletek mennyiségi fogyása, valamint a termelés optimalizálása miatt egyre növekvő érdeklődés kíséri a termeléstámogató-rendszerek kidolgozását. A kutatás során egy olyan talajszenzor méréseit hasonlítjuk össze, amely alapvető talajtani paraméterek mérésére alkalmas (pl. talajnedvesség, hőmérséklet). A szenzorok teszteléséhez azokat napsugárzásnak különböző mértékben kitett helyszíneken helyeztük el, és talaj menti fagyok, valamint közel 30 fokos levegőhőmérséklet mellett értékeltük a működésüket. A vizsgálatok kimutatták, hogy a szenzorok különböző mélységben elhelyezett érzékelői jól követik a hőmérséklet napi ritmusát, és mutatták a felmelegedés késleltetett kialakulását a mélység növekedésével. A napsütöttebb foltokban elhelyezett szenzorok napközben nagyobb felmelegedést, ugyanakkor éjjel nagyobb kihűlést mértek az árnyékban lévő szenzorokhoz képest. Az árnyékosabb helyeken kisebb volt a hőmérséklet-ingadozás. A szenzorok kiválóan alkalmasak arra, hogy szántóföldre történő kihelyezésükkel adatot szolgáltatassanak a gazdálkodók számára egyes gazdálkodási műveletek (pl. vetés, aratás, öntözés, növényvédelmi beavatkozások) optimális idejének kiválasztásához.

#### Summary

The decrease of areal distribution of agricultural land and soil stock quantity, furthermore the increasing interest in production optimization, the need for support systems is ever increasing. During the research we compare the measurements of soil sensors capable of measuring basic soil parameters (e.g. soil moisture and temperature). During the testing of the sensors areas with different insolation were chosen, and analyzed their measurements during freezing along the soil surface and close-to 30 degrees Celsius air temperatures. The results show that the sensors at different depths follow the rhythm of temperature very well, and that the deeper horizons are getting warmer with some delay. Sensors on sunny spots measured higher temperatures during the day and colder temperatures compared with sensors in shade. Sensors in shades suffered smaller temperature fluctuations between day and night. Placing the sensors on arable lands, they are capable of providing data for farmers to choose the optimal time window for agricultural operations (e.g. sowing, harvesting, watering, plant protection works).

## Bevezetés

A talaj hőmérséklete az agrár-ökoszisztéma egyik meghatározó eleme, hiszen hatással van a mikrobiális tevékenységre; az állat-, a növény- és a gombapopulációkra; a magok csírázására; a gyökerek növekedésére stb. Ennek köszönhetően a talajhőmérséklet mérése már az 1900-as évek elején a kutatások egyik fontos témája volt (REDWAY, 1923). A talajhőmérséklet mérésével kapcsolatos eszközökről és mérésekről már többször is végeztek összefoglaló értékelést (TANNER, 1963; BYRNE, 1970; FRITSCHEN & GAY, 1979; FUCHS, 1971; BERARD & THURTELL, 1990).

A kutatás, amelynek jelenleg csak egy szeletét fogjuk bemutatni, többek között arra is keresi a választ, hogy milyen sűrűségű szenzorhálózat telepítésére van szükség egy adott méretű tábla jellemzésére. Fontos, hogy olyan és annyi adatot lehessen szolgáltatni a gazdálkodók felé, amelyek alkalmasak arra, hogy segítsék a gazdálkodás menetét. A talajtulajdonságok terepi vizsgálatánál az egyik legfontosabb kérdés, hogy milyen mintasűrűséggel dolgozzunk ahhoz, hogy egy terület heterogenitását megbízhatóan, egy adott vizsgálat céljának megfelelően tudjuk jellemezni (FROGBROOK, 1999). A heterogenitás jellemzéséhez olyan sok terepi és laboratóriumi mérésre lenne szükség, amely túlságosan sok időbe és pénzbe kerül. Ennek köszönhetően már régóta folynak a vizsgálatok olyan módszerek kidolgozására, amelyek optimalizálják a mintavételi sűrűséget vagy kis munkaerő és laborköltséggel lehetővé teszik a megfelelő területi lefedettséget, pl. így segítve a különféle törvényszerűségek felismerését. A nagy mintasűrűségű és mégis olcsó mérések egyik módszere a terepi reflektanciamérés infraközeli tartományban (NIR=near infrared), amelyről már 1981 óta készülnek elemzések (VINOGRADOV, 1981; SUDDUTH & HUMMEL, 1993a,b,c,d; 1996).

A talajhőmérséklet mérése már több évtizede

A kutatásban vizsgált szenzorok három tulajdonságot képesek mérni: a talajnedvességet, a talajhőmérsékletet és a talaj elektromos vezetőképességét. Ezek közül jelenleg kizárólag a hőmérséklet méréssel foglalkozunk.

A jelenlegi kutatás fő kérdései:

Van-e statisztikailag igazolható különbség a szondák által mért talajhőmérsékleti adatok között 8 és 20 cm mélységben?

Van-e statisztikailag igazolható különbség a 8 és 20 cm mélységben mért talajhőmérsékleti adatok közötti különbségben az egyes szondák között?

Van-e statisztikailag igazolható különbség a különböző besugárzásviszonyok mellett elhelyezett szondák adatai között?

Van-e különbség a melegebb és hűvösebb napokon a különböző mélységben mért talajhőmérsékleti adatok és az egyes szondák között?

## Anyag és módszer

A mérések olyan *in situ* szondákkal történtek, amelyek szenzorai a talaj felszínétől számolva 8 és 20 cm mélységben mérnek (1. ábra). Az adatokat 15 percnként méri a szonda, és óránként küldi el a szerverre, ahol gyűjtik azokat. Maguk a szondák fejlesztés alatt állnak, így nincs még típusjelzésük. A szondában a hőmérséklet mérésére a Sensirion



## Talajszenzorok mérésének összehasonlító elemzése különböző besugárzás-viszonyok mellett

---

cég STS21 szenzora szolgál. A szenzor kalibrált, linearizált jelet továbbít digitális, I<sup>2</sup>C formátumban.



**1. ábra: A kísérletben használt, fejlesztés alatt álló szonda (Fotó: Dobó Zs)**

Négy szonda adatait vizsgáltuk, a sorszámuk: 27, 45, 47, 96. Ezekből egy árnyékmentes területen volt (27-es számú) és fólia alatt, míg a maradék három különböző mértékben volt árnyékolva. A 96-os volt a legárnyékosabb helyen, míg a 45-ös és a 47-es közepesen árnyékolva. A 96-os szonda ribizlibokrok között, a többi szonda zöldségágyásban volt elhelyezve (ez utóbbiak a februári időszak miatt növénymentes területen).

A mérések Gödöllő belvárosában történtek, egy családi ház kertjében (47°36'04.09 É, 19°21'20.77 K), a Gödöllői Dombvidéken jellemző típusos rozsdabarna erdőtalaj felső, humuszos szintjében.

Az adatok közül két napot választottunk ki az elemzéshez, aminek több oka is volt: egyrészt ezeken a napokon volt mind a négy szondára hiánymentes adatsor, másrészt ezen a két napon volt jelentős különbség a hőmérsékletben. A meleg időszakot 2016. február 3-án 16:15-től 2016. február 4-én 16:00-ig, a hűvösebb időszakot 2016. február 6-án 5:15-től 23:45-ig elemeztük.

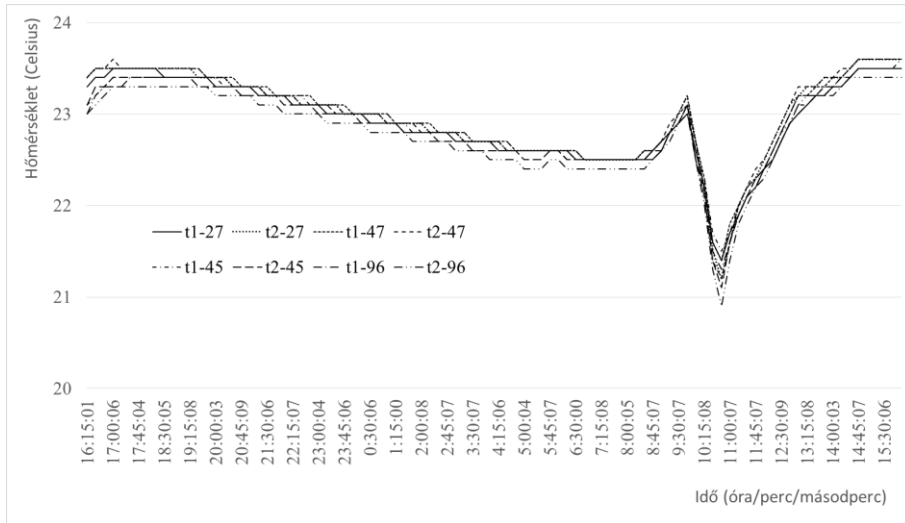
A szondaadatok összehasonlításához statisztikai értékelést végeztünk. Az adatok eloszlását Kolmogorov-Szmirnov tesztel vizsgáltuk. A szondák adatainak különböző céllal történő összehasonlítására a Mann-Whitney U-tesztet, a Kruskal-Wallis tesztet és a Dunn's tesztet használtuk.

### Eredmények és értékelésük

A talajhőmérséklet-mérések eredménylét a 2. és 3. ábra mutatja. A 2. ábrán +20,9 és +23,6 fok Celsius, a 3. ábrán -1,9 és +18 fok Celsius közötti tartományban történtek a mérések.

A 2. ábrán azt láthatjuk, hogy az adatok közel hasonlóak, az egyes szondákhoz tartozó hőmérsékleti görbék egymáshoz közel helyezkednek el és nem mutatnak nagyobb kilengést. Február 3-án 19:15-kor kezd el lehűlni a talaj, és reggel 8 óra körül kezd el felmelegedni. Dél előtt 9:45 körül érkezett egy nagyobb csapadék, amely lehűtötte a talajt

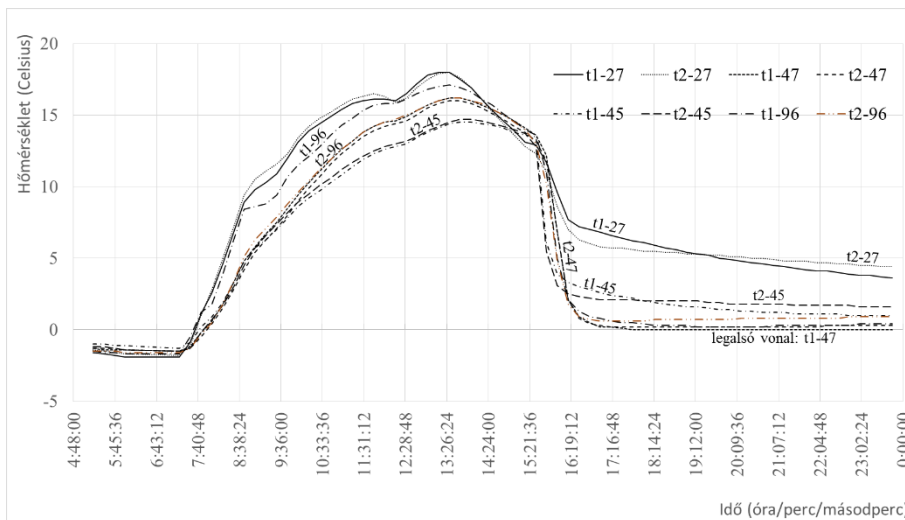
is. Ennek 11 óra körül vége lett, innen ismét emelkedik a hőmérséklet. 14:45 körül a hőmérséklet eléri a maximumát.



Szondaszámok: 27, 45, 47, 96; t1: hőmérséklet 8 cm mélyen, t2: hőmérséklet 20 cm mélyen

**2. ábra: A 2016. február 3-4-én mért talajhőmérséklet adatok, Gödöllő**

A 3. ábrán egy átlagos (csapadék által meg nem tört), ugyanakkor hűvösebb napi görbét láthatunk. Hajnalban fagypont alatti hőmérsékletnél indul az összes görbe (7:15 percor van a görbék találkozási pontja), és a naplemente környéki lehűlés is jól kirajzolódik, gyorsan csökken a hőmérséklet, 15:30 körül ismét találkoznak a görbék. Láthatjuk a naposabb és árnyékosabb területek közötti rész hatását is a görbék között.



Szondaszámok: 27, 45, 47, 96; t1: hőmérséklet 8 cm mélyen, t2: hőmérséklet 20 cm mélyen

**3. ábra: A 2016. február 6-án mért talajhőmérséklet adatok, Gödöllő**

## Talajszenzorok mérésének összehasonlító elemzése különböző besugárzás-viszonyok mellett

---

Érdekes, hogy a nap közben hűvösebb hőmérsékletet mérő 45-ös szonda (a hőmérséklet nem éri el a 15 fok Celsiusot), estére (16 és 19 óra között) kevésbé hideg, mint a 47-es és a 96-os szondák által jellemzett talajok, amelyek hőmérséklete nap közben 15 fok Celsius fölé emelkedett. Ugyanakkor a 27-es szonda, amely a legmelegebb hőmérsékletet mérte nap közben, az éjjel is a legmelegebb maradt. Az a szonda volt az árnyékmentes, azaz legnaposabb részen, és fölia alatt is, ami miatt éjjel lassabb hűlt le.

### Az eredmények statisztikai értékelése

#### 1. 2016. február 3-4., a melegebb időszak vizsgálata

A 2016. február 3-4-én mért hőmérsékleti adatok alapján megállapíthatjuk, hogy a négy szonda mért értékei között 8 cm mélyen nincs szignifikáns különbség (ANOVA,  $F_{3,380}=0,509$ ,  $p=0,676$ ). Az adatok normál eloszlást követnek.

A 2016. február 3-4-én mért hőmérsékleti adatok alapján megállapíthatjuk, hogy bár a négy szonda mért értékei között 20 cm mélyen sincs szignifikáns különbség (ANOVA,  $F_{3,380}=2,432$ ,  $p=0,065$ ), de közel szignifikáns értékeket láthatunk. Az adatok normál eloszlást követnek.

A 8 cm és a 20 cm mélységben mért értékek között nincs szignifikáns eltérés (Mann-Whitney U-teszt,  $U=71761$ ,  $n_1=n_2=384$ ,  $p=0,522$ ). Az adatok nem normál eloszlást követnek.

Külön elemeztük a szondák 8 és 20 cm mélységben mért talaj-hőmérsékleteinek a különbségét. A 4 szonda 8 cm és 20 cm mélységben mért értékei közötti különbség szignifikánsan eltér egymástól (Kruskal-Wallis teszt,  $KW=60,06$ ,  $df=3$ ,  $p=0,0001$ ). Az adatok nem normál eloszlást követnek.

A Dunn's teszt alapján a szondák a következőképpen viszonyulnak egymáshoz:

27>47	$p<0,05$
27>45	NS
27<96	$p<0,001$
47<45	NS
47<96	$p<0,001$
45<96	$p<0,001$

A 8 és 20 cm-en mért hőmérsékletek különbsége alapján a következő sorrend áll fel a szondák között:  $47<45<27<96$ .

#### 2. 2016. február 6., a hűvösebb időszak vizsgálata

A négy szonda mért értékei között 8 cm mélyen szignifikáns különbség van (Kruskal-Wallis teszt,  $KW=17,749$ ,  $df=3$ ,  $p=0,0005$ ). Az adatok nem normál eloszlást követnek.

A szondák elkülönítésére használt Dunn's teszt alapján a következő különbségeket láthatjuk a 8 cm mélyen felmért helyzetben az egyes szondákra vonatkozóan:

27>47	$p<0,001$
27>45	$p<0,05$
27>96	$p<0,05$

A többi szonda nem különbözik egymástól.

Az egyik érdekesség, hogy a 27-es szonda árnyékmentességéből adódóan várható különbsége a többi szondától nem a meleg, hanem a hűvösebb időjárás mellett eredményezett szignifikáns különbségeket a felszíntől 8 cm-re.

A négy szonda mért értékei között 20 cm mélyen szignifikáns különbség van (Kruskal-Wallis teszt,  $KW=20,815$ ,  $df=3$ ,  $p=0,0001$ ).

A szondák elkülönítésére használt Dunn's teszt alapján a következő különbségeket láthatjuk a 20 cm mélyen felmért helyzetben az egyes szondákra vonatkozóan:

27>47  $p<0,001$

27>45  $p<0,05$

27>96  $p<0,01$

A többi szonda nem különbözik egymástól.

A 8 cm és a 20 cm mélységben mért értékek között nincs szignifikáns eltérés (Mann-Whitney U-teszt,  $U=39753$ ,  $n_1=n_2=284$ ,  $p=0,765$ ). Az adatok nem normál eloszlást követnek.

Külön elemeztük a szondák 8 és 20 cm mélységben mért talaj-hőmérsékleteinek a különbségét, és szignifikáns különbséget találtunk (Kruskal-Wallis teszt,  $KW=60,06$ ,  $df=3$ ,  $p=0,0001$ ). Az adatok nem normál eloszlást követnek.

A 4 szonda 8cm és 20 cm mélységben mért értékei közötti különbség szignifikánsan eltér egymástól (Kruskal-Wallis teszt,  $KW=43,7$ ,  $df=3$ ,  $p=0,0001$ ).

A szondák elkülönítésére használt Dunn's teszt alapján a következő különbségeket láthatjuk a 8 cm és 20 cm mélységben mért értékek közötti különbség alapján az egyes szondákra vonatkozóan:

27>47  $p<0,01$

27>45 NS

27<96  $p<0,01$

47<45  $p<0,05$

47<96  $p<0,001$

45<96  $p<0,001$

A 8 és 20 cm-en mért hőmérsékletek különbsége alapján a következő sorrend áll fel a szondák között: 47<45<27<96.

### 3. 2016. február 3-4. és február 6. időszakok összehasonlító vizsgálata

A 8 cm és a 20 cm mélységben mért értékek közötti eltérés szignifikánsan különbözik a hideg és a meleg napokon (Mann-Whitney U-teszt,  $U=9132$ ,  $n_1=384$ ,  $n_2=284$ ,  $p=0,0001$ ). A hidegben nagyobb a különbség, mint a melegben. Az adatok nem normál eloszlást követnek.

### Következtetések

A vizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy a talajok felmelegedésében kis (800 m<sup>2</sup>) területen is nagy különbségek alakulhatnak ki, attól függően, hogy milyenek a besugárzási

## Talajszenzorok mérésének összehasonlító elemzése különböző besugárzás-viszonyok mellett

---

viszonyok, azaz napnak teljesen kitett, vagy különböző mértékben árnyékolt területen járunk.

A vizsgálatok kimutatták, hogy a szondák különböző mélységben elhelyezett érzékelői (szenzorok) jól követik a hőmérséklet napi ritmusát, és mutatták a felmelegedés késleltetett kialakulását a mélység növekedésével.

A hőmérséklet diagramokra való első ránézésre az látszik egyértelműen, hogy a hűvösebb napon kisebbek a különbségek a szondák által mért hőmérséklet adatokban. A 96-os, legnagyobb árnyékban lévő szonda 20 cm mélyen lévő szenzora által mért hőmérsékletek a legkisebbek ebben az időszakban.

A melegebb napon (amikor a leghűvösebb foltban is legalább 14 °C-ig emelkedett a hőmérséklet) markánsabban elváltak a görbék. A melegben a fólia alatti talaj sokkal melegebb volt nappal és éjjel is, mint a többi szonda körüli talaj. A fólia alatti meleg érthető, ugyanakkor a 96-os szonda talaja volt a második legmelegebb, pedig ez volt a legnagyobb árnyékban. Erre vonatkozóan nem tudjuk a magyarázatot.

Fontos eredmény, hogy míg a melegebb időszakban vizsgált szondák esetében sem 8, sem 20 cm mélységben nem volt kimutatható szignifikáns különbség az egyes szondák között. 20 cm mélységben közel szignifikáns eredményeket kaptunk, így ott nagyobb az esély arra, hogy a melegebb időszakban is kialakulhatnak különbségek. Ezzel szemben a hűvösebb (fagyos) napon mindkét szintben szignifikáns eltérés volt a négy szonda által mért hőmérsékletekben. Ebből arra következtethetünk, hogy a talaj menti fagyok esetében a felmelegedést jelentős mértékben befolyásolja az árnyékoltság.

A másik érdekesség, hogy a meleg és a hideg napon is szignifikáns különbséget találtunk a 8 és a 20 cm mélyen mért értékek közötti különbségekben, azaz már a felső 8 és 20 cm-es mélységben is van kimutatható szignifikáns különbség a felmelegedés mértékében.

A hideg és a meleg napok között szignifikáns különbség volt a talajhőmérsékletben, ami azért érdekes, mert február hónapban elején járunk, és mindössze két nap az eltérés a két vizsgált nap között.

A kapott eredményekből arra következtethetünk, hogy a szondák szenzorai alkalmasak arra, hogy kimutassák a talajhőmérsékletben 8 és 20 cm mélyen fellépő változásokat. Ennek köszönhetően egy szántóföldi területen kihelyezve ezeket hasznos információval szolgálhatnak az egyes agrotechnikai műveletek optimális időpontjának a megállapításához. A kihelyezett szondák segítségével a gazdálkodó a telefonján is képes egy adott tábla talaj-hőmérsékletének a nyomon követésére. Azt is látja, hogy mi a tendencia, éppen felmelegszik-e a talaj vagy éppen kihűl. Képes annak ellenőrzésére, hogy pl. az egész táblán megszűntek-e már a talaj menti fagyok, azaz tud-e egy adott talajműveletet az egész táblán elvégezni? A talajszondák mellett alkalmazott meteorológiai szondák segítségével optimalizálhatja a vetés, az aratás, a növényvédelmi beavatkozások vagy az öntözés idejét. Úgy kaphat folyamatos információt az általa művelt területekről, hogy nem kell állandóan jelen lennie a táblákon.

### Irodalomjegyzék

BERARD, R. G. & THURTELL, G. W. (1990): Soil temperature measurements. Remote Sensing Reviews, 5 (1): 293–299.

- 
- BYRNE, M. (1970): Data logging and scanning rate considerations in micrometeorological experiments. *Agric. Meteorol.*, 9, 286–286.
- FRITSCHEN, L. J., GAY, L. W. (1979): *Environmental instrumentation*. Springer-Verlag, New York
- FUCHS, M. (1971): Data logging and scanning rate determinations in micrometeorological experiments – a discussion. *Agric. Meteorol.*, 7: 415–418.
- FROGBROOK, Z. L. (1999): The effect of sampling intensity on the reliability of predictions and maps of soil properties. In: Stafford, J. V. (Ed.), *Precision Agriculture '99, Proceedings of the Second European Conference on Precision Agriculture, Part 1*, Odense Congress Centre, Sheffield Academic Press Limited, Sheffield, UK, 11–15 July 1999, pp. 71–80.
- REDWAY, J. W. (1923): Soil-temperature measurements. *Ecology*, 4(4): 434–435.
- SUDDUTH, K. A., HUMMEL, J. W. (1993a): Portable near infrared spectrophotometer for rapid soil analysis. *Trans. ASAE* 36 (1), 187–195.
- SUDDUTH, K. A., HUMMEL, J.. (1993b): Soil organic matter, CEC, and moisture sensing with a portable NIR spectrophotometer. *Trans. ASAE* 36 (6), 1571–1582.
- SUDDUTH, K. A., HUMMEL, J. W. (1993c): Near infrared spectrophotometry for soil property sensing. In: DeShazer, J.A., Meyer, G.E. (Eds.), *Proceedings of the SPIE Conference on Optics in Agriculture and Forestry*, 16–17 November, 1992, Boston, MA. SPIE, Bellingham, WA, pp. 14–25.
- SUDDUTH, K. A., HUMMEL, J. W. (1996): Geographic operating range evaluation of a NIR soil sensor. *Trans. ASAE* 39 (5), 1599–1604.
- TANNER, C. B. (1963): *Basic instrumentation and measurements for plant environment and micrometeorology*. Dept. of soils Bull. 6, University of Wisconsin, Madison, WI
- VINOGRADOV, B.V. (1981): Remote sensing of the humus content of soils. *Soviet Soil Sci.* 13 (6), 103–113.
- van WIJK, W. R., LARSON, W. E., BURROWS, W. C. (1959): Soil temperature and the early growth of corn from mulched and unmulched soil. *Soil Science Society of America* 23 (6): 428–434.

### Erózió okozta talajpusztulás vizsgálata a gerézdpusztai mintaterületen

Dobó Zsófia<sup>1</sup>, Szabó Boglárka<sup>1</sup>, Centeri Csaba<sup>1</sup>, Szalai Zoltán<sup>2</sup>, Jakab Gergely<sup>2</sup>, Bíró Zsolt<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő,  
[dobo.zsofia1990@gmail.com](mailto:dobo.zsofia1990@gmail.com)

<sup>2</sup>Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont,  
Földrajztudományi Intézet, Budapest, [szalai.z@iif.hu](mailto:szalai.z@iif.hu), [jakab.g@mtafki.hu](mailto:jakab.g@mtafki.hu)

<sup>3</sup>Szent István Egyetem, MKK VMI, Gödöllő, [bzsolti@ns.vvt.gau.hu](mailto:bzsolti@ns.vvt.gau.hu)

### Összefoglalás

A helytelen gazdálkodás és talajművelés is nagymértékben hozzájárul a folyamatos talajdegradációhoz, mint pl. a talajerózióhoz. A vizsgálatok a gerézdpusztai mintaterületen 2012-ben kezdődtek. A 2014-es mintavételezés célja az erózió dinamikájának vizsgálata volt. A vizsgált terület mintegy 330 m hosszú, átlagosan 16%-os lejtéssel rendelkező intenzív szántóföld. A szántóval párhuzamosan egy extenzív gyepterület is található, mely kontrollterületként szolgált. A terepi mintavételezést és laboratóriumi vizsgálatokat követően az eredmények alapján is egyértelműen kijelenthető, hogy egy lejtőn belül is különböző eróziós zónák találhatók, de ehhez megfelelően sűrű mintavételezés szükséges. A lúgos pH és a nagy kalcium-karbonát tartalom egyértelműen nagyobb erózió-érzékenységre utal. A növényborítottság fontosságát (szántó és gyepterület) statisztikailag is igazolták az eredmények. A sűrű mintavételezéssel elemezhető az erózió dinamikája, így a gazdák számára kirajzolódik, hogy mely erózió-sújtotta részekben van leginkább szükség talajvédő művelésre.

### Summary

The improper farming and cultivation largely contribute to the continuous soil degradation, like soil water erosion. Researches started years ago in Gerézdpusztai. The aim of the soil sampling in 2014 was to investigate erosion dynamics. The study area is approximately 330 m long with an average of 16% slope steepness, which is cultivated intensively. A parallel extensive grassland serves as control area. Following the field work and laboratory analyzes it can be stated that different erosion zones are situated along the slopes but a more frequent sampling is needed. Alkaline pH and high calcium carbonate content clearly refers to bigger sensitivity to water erosion. The results statistically prove the importance of plant cover (arable and grassland). Soil erosion dynamics can be investigated with such researches, thus farmers can be informed where is needed soil erosion measures.

### Bevezetés

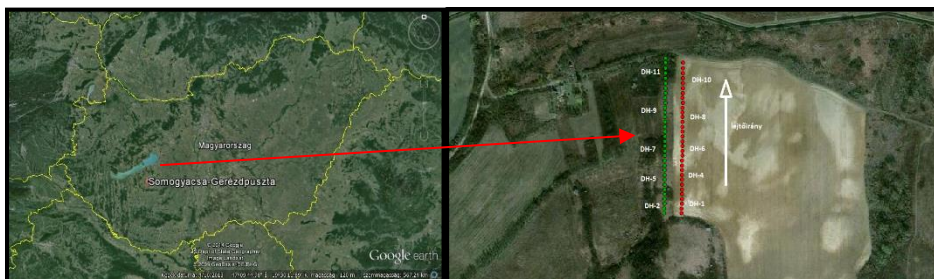
Napjainkban a túlnépesedés és az élelmezési problémák a klímaváltozáson (VÁRALLYAY, 1997; MALATINSZKY, 2016) kívül a legfontosabb globálisan megoldandó feladattá nőttek ki magukat. A rohamos tempóban változó klíma, a folyamatosan növekvő élelmiszerigény arra ösztönzi a gazdálkodókat, hogy akár a „jó gazda” gondosságát

mellőzve, a profit bővületében minden áron növeljék terméshozamukat. A talajerózió egy természetes folyamat, azonban az antropogén hatásnak köszönhetően napjainkban világméretű problémává nőtte ki magát (HUDSON, 1973; KERÉNYI, 1991; STEFANOVITS et al., 1999; THYLL, 1992; KERTÉSZ, 2001, SZABÓ, 2006). Az eróziós károk részben a kedvezőtlen irányú tájváltozásnak is köszönhetőek (SALÁTA et al., 2013). A somogyi területen az erózió és más talajdegradációs folyamatok tért nyertek a helytelen mezőgazdasági tevékenységek miatt, holott egykor nagy kiterjedésű erdők, legelők borították e tájat. A nagymértékű erdőirtásoknak és gyepfeltöréseknek köszönhetően a löszös alapkőzeten az eredetileg jelen lévő Ramann-féle barna erdőtalajokat már csak nyomokban lehet felfedezni. A terület és a téma azért fontos, hogy a még meglévő művelt és természetes vegetációval rendelkező területeket védjük. Azokon a területeken ahol ez már nem lehetséges, ott pedig olyan mezőgazdálkodási technológia kidolgozása és alkalmazása a cél, mellyel a degradációs folyamatok mérsékelhetők, esetleg visszafordíthatók, ezáltal a talajok termőképessége megőrizhető és a természet további károkat nem szenved, melyből a gazdálkodók is csak profitálhatnak hosszútávon (LÁNG et al., 1983; STEFANOVITS, 1992). Az elvégzett vizsgálatokkal elsősorban az volt a célunk, hogy az erózió dinamikáját nyomon követhessük. A kapott laboreredményeket felhasználva egyéb statisztikai elemzéseket is készítünk, mely során azt szeretnénk igazolni, hogy az egyes talajkémiai paraméterek hatnak-e egymásra, van-e összefüggés az eredmények között, vagy függetlenek egymástól.

## Anyag és módszer

### A mintaterület bemutatása

Gerézdpuszta Somogy megyében található (1. ábra). A Koppány-patak mellett elhelyezkedő terület a kevésbé kutatottak közé tartozik környezettudományi szempontból, itt történtek a vizsgálatok.



**1. ábra: A gerézdpusztai mintaterület és mintavételi pontok (2012-ben vett minták fehérén, 2014-ben vett minták színesen jelölve) (Forrás: Google Earth)**

STEFANOVITS et al., (1999) a Külső Somogy tájának jellemzésénél már jelzi, hogy a domboldalak néhol igen erodáltak, sok helyen már a B szint képezi a szántott réteget, az erősen erodált foltok pedig fehérén tűnnek ki a tájból az őszi, illetve tavaszi szántások idején. A korábbi vizsgálatok megállapították, hogy a domboldalak lejtőin nagymértékű a talajdegradáció és néhol a szántás már elérte a C-szintet (CENTERI et al., 2010). Többen arra is felhívták a figyelmet, hogy a barna erdőtalajok többsége csak az eredeti vegetáció alatt maradt meg, humuszos szintjük elvékonyodott, míg a csernozjom talajok nagy része az intenzív mezőgazdasági tevékenység következtében nagyban erodálódott, melyek helyén néhol humuszkarbonát, illetve földes kopár talajtípusokat találunk (CENTERI et al.,



## Erózió okozta talajpusztulás vizsgálata a gerézdpusztai mintaterületen

2010, 2011). A mintalejtők 330 m hosszúak és átlagosan 16%-os lejtéssel rendelkeznek. A vizsgált lejtő intenzív szántóföldi művelés alatt áll, míg a közvetlenül mellette kijelölt kontroll terület egy extenzív gyepterület, egy felhagyott gyümölcsös helyén. Ma már csak néhány régi, megmaradt gyümölcsfát lehet találni a területen.











A terepi munkálatok során meghatározásra kerültek a területre jellemző talajtípusok és a vizsgált talajok alapvető tulajdonságai, és a mintavétel a laboratóriumi vizsgálatokhoz. A 2014-es évben mindkét lejtőt 10 méterenként mintáztuk, azzal a céllal, hogy az erózió dinamikáját vizsgáljuk. A sűrített mintavétel kiválóan alkalmas volt a talajok heterogenitásának kimutatására.

### Az elvégzett terepi és laboratóriumi vizsgálatok

A mintaterületen 2012-ben lejtőharmadonként történt a terepi mintavételezés, Pürckhauer-féle szűrőbottal meghatározásra kerültek a talajtípusok és Munsell-skála segítségével a talajminták színe (BENZLER, 1982; STEFANOVITS et al., 2010, Http1, SZABOLCS et al., 1966; KONDRATYEV et al., 1983; HTTP2). Az eróziódinamika vizsgálatának céljából a mintavételi pontokat sűrítettük, a korábbi lejtőharmadonkénti vizsgálatokhoz képest, a 330 m hosszú lejtőn 10 m-ként vettünk mintát a felső 20 cm-es rétegből, összesen 65 db-ot a két mintalejtőről (SZABÓ et al., 2015a, 2015b). A megvett talajmintákat ezután laboratóriumban elemeztük, ahol meghatározásra került a pH (elektrometriásan), higroszkóposság, CaCO<sub>3</sub> tartalom (Scheibler-féle kalciméterrel), humusztartalom (Tyurin-módszerrel) és tápanyagtartalom (AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - kolorimetriásan, AL-K<sub>2</sub>O - lángfotométerrel) (BUZÁS, 1993). Az adatelemzéshez az IBM SPSS Statistics programrendszert választottuk (JÁNOSA, 2011).

### Eredmények és azok értékelése

A szántóterület felső harmadában (LFH) az erózió mértéke intenzív, mely az ott meghatározott földes kopár talaj humuszosodását nagymértékben akadályozza. Szinte az egész szántóról elmondható, hogy humuszosodott A-szint csak jelentősen átalakult formában látható.

Szántó			Gerézdpuszt		Gyep	
DH-1	10YR 5/4		LFH		10YR 4/4	DH-2
DH-4	10YR 4/4				10YR 4/6	DH-5
DH-6	10YR 4/4		LKH		10YR 4/2	DH-7
DH-8	10YR 5/4				10YR 5/4	DH-9
DH-10	10YR 4/2		LAH		10YR 3/3	DH-13

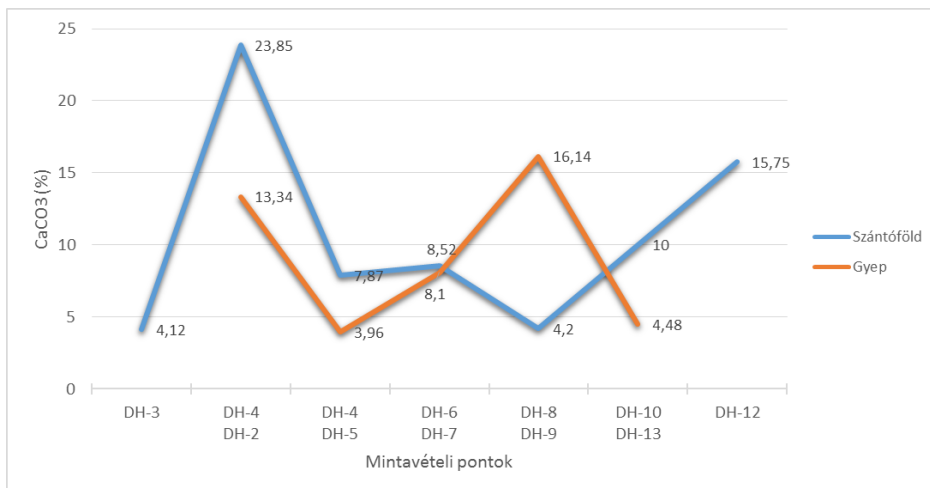
### 2. ábra: A gerézdpusztai mintaterületen meghatározott talajtípusok

A jelölt pontok elhelyezkedését az 1. ábrán jelöltük. A területre jellemző löszös alapkőzet felszínhez való közelségét a talaj világos színe is jelzi (2. ábra), mely a rendszeres művelésnek köszönhetően kevert réteget képez a meglévő talajjal. A lejtő alsó harmadában (LAH) Ramann-féle barna erdőtalajból származó lejtőhordalék található. A gyepterület felső harmadában humuszkarbonát talajt írtunk le, mely szintén érzékeny a

talajpusztulásra. A kistájra jellemző egyik talajtípust, a Ramann-féle barna erdőtalajt a gyepterület alsó harmadában találtuk, ahol a szelvényben jól elkülöníthetőek a genetikai talajszelekciók. A talajminták színei a 10YR kategóriába sorolhatók, mely azt jelenti, hogy talajok legnagyobb részét sárga bázisúak. A talaj színéből a terepi mintavételezés során következtethetünk humusztartalmára, A DH-13-as jelű minta színe nagyobb humusztartalmat jelez a többi mintával ellentétben, ugyanis a talaj barna színének sötéttedésével párhuzamosan a talaj humusztartalma is növekszik (SZABOLCS, 1966; KONDRATYEV et al., 1993).

Ahogy azt már a bevezetőben is említettem, a vizsgálatokat 2012-ben kezdtük meg a gerézdpusztai mintaterületen. Ekkor a lejtőket 3 szakaszra/harmadra osztottuk, ahonnan 2-2-2 db talajmintát vettünk. Ezt a vizsgálatot abból a célból végeztük el, hogy a vizsgált talajparaméterek alapján következtetni tudjunk az erózió munkájára a lejtő egyes szakaszain.

A 3. ábra a terület  $\text{CaCO}_3$  tartalmát mutatja a 2012-es mintavételezés alapján. Az eredményekből egyértelműen látható, hogy a DH-4-es jelű minta nagy karbonátos mésztartalommal rendelkezik (23,85%) szántóterületen. A gyepterület mésztartalma a DH-8-as ponton mutatkozik nagyobb mértékűnek, míg a lejtő alsó harmadában ismét a szántóterület rendelkezik nagyobb értékkel. Ezen a mintaterületen, a  $\text{CaCO}_3$  tartalomtól, lejtőharmadonkénti mintavételből az erózió mértékét nyomon lehet követni.



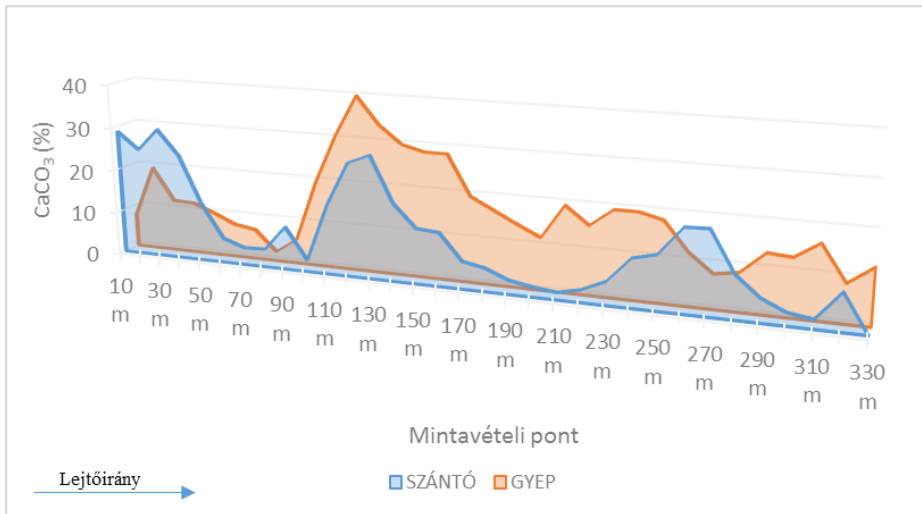
**3. ábra a terület  $\text{CaCO}_3$  tartalmát mutatja a 2012-es mintavételezés alapján**

Az eredmények alapján látható, hogy a szántóföld mésztartalma (3. ábra) a mintaterület legfelső részén és az alsó harmadban nagyobb, mint a gyepterületé. A mintaterületeken mért igen nagy karbonát-tartalom sekély termőréteget és feltalajként felszínre hozott alapkőzetet sugallnak. Összességében elmondható, hogy 3 csúcspontot lehet megfigyelni a lejtő lefutását tekintve. Ezekből az értékekből kiválóan lehet következtetni az erózió dinamikájára. A trendvonalakból pedig egyértelműen lehet következtetni a csökkenő tendenciára mind a két mintalejtőn, mely szintén jelzi a felsőbb térszinek erodáltságát és a löszös alapkőzet közelségét.

A 4. és az 5. ábra eredményeit szemlélve látható, hogy a lejtő felső harmadában a szántóterület nagy karbonát-tartalmát mind a két diagram jelzi. A 2014-ben mért adatok

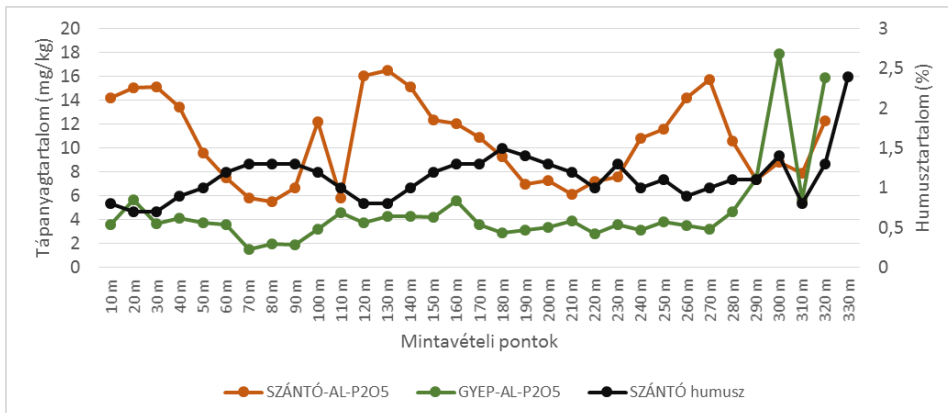
## Erózió okozta talajpusztulás vizsgálata a gerézdpusztai mintaterületen

alajján viszont 120-130 m-en az extrém magas karbonát-tartalom a 2012-es mintavételezés során nem volt érzékelhető. Ez jelzi azt számunkra, hogy az erózió dinamikájára a lejtőharmadonkénti mintákból is jól lehet következtetni, viszont az esetleges kiugró, extrém értékek nem feltétlenül látszódnak, ha csak pont onnan nem veszünk mintát.



4. ábra: A  $\text{CaCO}_3$  tartalom változásai a gerézdpusztai mintaterületen 2014-ben

2014-ben a talajminták tápanyagtartalmát is meghatároztuk. A szántóföldön vett talajminták növények által elérhető foszfortartalma nagyon kevésnek bizonyult (6. ábra). A humusztartalomhoz és a karbonát-tartalomhoz hasonlóan itt is megfigyelhető az erózió dinamikája. A gyepterület foszfortartalma nem mutat olyan mértékű kiugrásokat, mint a szántóterületé. A gyepterület lejtőjének alsó végén lévő kiugró foszfortartalmat okozhatja a múltban a területen lévő gyümölcsös intenzív tápanyag-utánpótlása is.



5. ábra: Az  $\text{AL-P}_2\text{O}_5$  tartalom változása a gerézdpusztai mintaterületen

Másik magyarázat lehet az emberi hatás: ezen a környéken több házhely nyoma is megtalálható. A káliumellátottság esetében is mind a két mintalejtő igen kismértékű. A

szántóterületen mért káliumtartalom nem mutat olyan szélsőséges mozgást, mint a foszfor. A legnagyobb értéket mindkét lejtő alján, a legvégén mértük, bár a szántó művelés ebben az esetben is jobban elmosza a különbségeket, és a gyepen kiugróbbak az értékek a korábbi lejtőszakaszokhoz képest.

A 5. ábra azért érdekes a számunkra, mert 2 olyan talajparamétert ábrázoltunk rajta, melyek alapvetően együtt mozognak. A foszfor kiválóan kötődik a talajszemcsékhez, így előzetesen azt vártuk volna, hogy a humusz- és a foszfortartalom alakulása hasonló képet mutat. Az eredmények birtokában látható (5. ábra), hogy ez a valóságban nem így alakult. Ebben az esetben egy összetett folyamatról van szó. Az extrém nagy karbonátos mésztartalom kis humusztartalommal párosulva kifejezetten negatív hatással rendelkezik. A talaj humuszképződési folyamatai minimálisak, mellyel párhuzamosan a cementálódási folyamatok is kismértékűek. A foszfortartalom meghatározásához figyelembe kell venni a  $\text{CaCO}_3$  tartalmat is, mivel a karbonát jelenléte meghatározza az oldószer által oldatva vitt foszfor mennyiségét. Normális körülmények között a foszfor, a humuszhoz hasonlóan a magas értékekkel azokat a részeket jelzik számunkra, ahol az erózió mértéke kisebb és a szedimentáció nagyobb mértékű. Ebben az esetben a foszfor mennyisége azokon a részekén magas, ahol az erózió is munkát végez. Ezekén a részekén, a degradációnak köszönhetően, a  $\text{CaCO}_3$  tartalom is nagy, melynek köszönhetően a foszfortartalom is nagyobb mértékű.

### A statisztikai elemzés eredményei

Az összefüggés-vizsgálat során felmerül az ok-okozatiság kérdése. A vizsgált talajparaméterek alakulása nem minden esetben a klasszikus formában történt. Ez annak tudható be, hogy az egyes paramétereknek, koncentrációtól függően, más-más hatása van az egyéb talajparaméterekre. Ennek következtében megvizsgáltuk, hogy milyen erősségű kapcsolat van az egyes paraméterek között. Az alkalmazott statisztikai próba a regresszió-analízis volt (1. táblázat).

Szántó		Korrelációs együttható (r)	Kapcsolat	r <sup>2</sup>	Gyep		Korrelációs együttható (r)	Kapcsolat	r <sup>2</sup>
pH	$\text{CaCO}_3$	-0,2511	gyenge	0,0630	pH	$\text{CaCO}_3$	-0,08712	gyenge	0,0076
pH	Humusz	0,2765	gyenge	0,0764	pH	Humusz	-0,2567	gyenge	0,0659
pH	Hy	0,4706	közepesenél gyengébb	0,2214	pH	Hy	0,08006	gyenge	0,0064
pH	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	0,0156	gyenge	0,0002	pH	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	0,06404	gyenge	0,0041
pH	AL- $\text{K}_2\text{O}$	0,3013	közepesenél gyengébb	0,0908	pH	AL- $\text{K}_2\text{O}$	0,2388	gyenge	0,0570
$\text{CaCO}_3$	Humusz	-0,7662	közepesenél erősebb	0,5870	$\text{CaCO}_3$	Humusz	-0,3709	közepesenél gyengébb	0,1375
$\text{CaCO}_3$	Hy	-0,6726	közepesenél erősebb	0,4525	$\text{CaCO}_3$	Hy	-0,3036	közepesenél gyengébb	0,0922
$\text{CaCO}_3$	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	<b>0,8064</b>	<b>erős</b>	<b>0,6502</b>	$\text{CaCO}_3$	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	-0,03059	gyenge	0,0009
$\text{CaCO}_3$	AL- $\text{K}_2\text{O}$	-0,6757	közepesenél erősebb	0,4565	$\text{CaCO}_3$	AL- $\text{K}_2\text{O}$	-0,3961	közepesenél gyengébb	0,1569
Hy	Humusz	0,6143	közepesenél erősebb	0,3773	Hy	Humusz	0,4579	közepesenél gyengébb	0,2096
Hy	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	-0,4894	közepesenél gyengébb	0,2395	Hy	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	0,1336	gyenge	0,0178
Hy	AL- $\text{K}_2\text{O}$	0,6112	közepesenél erősebb	0,3735	Hy	AL- $\text{K}_2\text{O}$	0,2638	gyenge	0,0696
Humusz	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	-0,6038	közepesenél erősebb	0,3646	Humusz	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	0,4056	közepesenél gyengébb	0,1645
Humusz	AL- $\text{K}_2\text{O}$	0,7652	közepesenél erősebb	0,5856	Humusz	AL- $\text{K}_2\text{O}$	0,6230	közepesenél erősebb	0,3881
AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	AL- $\text{K}_2\text{O}$	-0,5801	közepesenél erősebb	0,3365	AL- $\text{P}_2\text{O}_5$	AL- $\text{K}_2\text{O}$	0,5921	közepesenél erősebb	0,3506

1. táblázat: A lineáris regresszió analízis eredményei a gerézdpusztai mintaterületen (konfidencia szint 95%) (DOBÓ 2016)

## Erózió okozta talajpusztulás vizsgálata a gerézdpusztai mintaterületen

---

A  $\text{CaCO}_3$ -AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  esetében a regresszió-analízis erős kapcsolatot mutat, 95%-os konfidencia-szint mellett. Az  $r^2$  azt fejezi ki, hogy az AL- $\text{P}_2\text{O}_5$  65,02%-át magyarázza a  $\text{CaCO}_3$ , 34,98%-ban egyéb külső tényezők befolyásolják azt. Összességében tehát kijelenthető, hogy ezen a mintaterületen az egyes talajtulajdonságok nincsenek erős kapcsolatban egymással, vagyis az egyes talajkémiai paramétereknek az erózió következtében történő változásának közepes a hatása más kémiai paraméterre.

Mivel a vizsgált két mintalejtő minősége jelentősen eltér, kíváncsiak voltunk arra is, hogy az egyes paraméterek esetében, a szántó és a gyep mintái tekinthetőek-e azonos középértékű csoportok mintáinak. Ezek alapján a hipotézisünk az volt, hogy a két sokaságnak (szántó-gyep) az átlagai azonosak. Ennek tesztelésére a független mintás T-próbát alkalmaztuk. Az eredmények azt mutatták, hogy a pH, a humusz- és kálium tartalom esetében egyértelmű, hogy a két mintalejtő eredményei között szignifikáns különbség van, tehát ebben az esetben a hipotézis nem teljesül, a minták nem tekinthetőek egy mintahalmaz tagjainak. A varianciaanalízis eredményeiből arra is lehet következtetni, hogy a pH, a humusz- és káliumtartalom azok a kémiai paraméterek, melyek nem csak az eróziót és annak dinamikáját érzékeltek, hanem a mintázott terület minőségére is utalnak.

A foszfor, mivel jól kötődik a humuszhoz, jó erózióindikátor, azonban kijelenthető, hogy az eredmények alapján azonos mintahalmazból származnak a minták, tehát statisztikailag is igazoltan azonos minőségű lejtőről származnak. Ahhoz, hogy biztosan ki tudjuk jelenteni, hogy a foszfortartalom mutatja az adott területek használati típusai közötti különbséget, más területeken is szükséges volna ehhez hasonló vizsgálatok elvégzésére.

### Megvitatás

A vizsgálatok elsődleges célja az volt, hogy megállapítsuk, hogy az egyes talajtani paraméterek a lejtőharmadonkénti, illetve a 10 méterenkénti mintavételezés esetén mutatják-e az erózió dinamikáját a lejtőn. A terepi mintavételezés során megfigyelhető volt, hogy az agrotechnikai előírásokat nem vették figyelembe. Jelentős részben ennek tudható be, hogy a humuszos feltalaj nagy mértékben erodálódott. Alapvetően a kisebb humusztartalomról várható volt, hogy a talaj tápanyag-gazdálkodása is szegényes lesz. Fazakas Csaba is említést tesz erről a doktori disszertációjában, ahol leírja, hogy a szediment tápanyagtartalma függ a lemosódott talaj humusztartalmától is (FAZAKAS 2013). Gerézdpusztán a szántóterületen a humusztartalom minimális, így a tápanyagtartalom is kismértékű, még az akkumulációs zónában is, hiszen a terület felsőbb térszíneiből már az alapkőzettel kevert talaj mosódik le.

A kapott eredmények alátámasztják azt, hogy a sűrű mintavételezés szükséges az erózió dinamikájának vizsgálatára. A nem kellően sűrű mintavételezés az egyes extrém mértékben kiugró értékeket nem jelezné, ha csak éppen nem ott történne a mintavételezés. A lejtőharmadonkénti mintavételezés az eróziós folyamatok lényegét tükrözi, tehát hogy a felsőbb térszínekről a talajt a víz lemossa, és a hordalékát az alsóbb térszíneken rakja le. A  $\text{CaCO}_3$  tartalom esetében az extrém nagy, 40%-os karbonátos mésztartalom a lejtőharmadonkénti mintavételezésben nem tűnt volna ki. Ez azért lényeges annak, aki az eróziódinamikát vizsgálja, mert a talajban, góconként folyamatosan átalakulások mennek végbe, melyek különböző mértékben hatnak.

A gyepez területen az erózió a lejtő középső harmadában a legnagyobb mértékű, de még mindig nem olyan jelentős, mint a szántón. Ezt jól szemlélteti a kálium tartalom is. Különböző intenzitással művelt területek összehasonlításakor a vizsgálati eredmények

alátámasztották azt, hogy a kémélőn művelt terület tápanyagtartalma és humusztartalma magasabb, mint a hagyományosan művelt területé (BÁDONYI et al. 2006). A foszfor esetében ez a kijelentés nem állja meg a helyét a gerézdpusztai mintaterületen, mert a szántó szinte végig magasabb foszfortartalommal rendelkezik. Ez elsősorban annak tudható be, hogy mindkét terület nagyon kis mennyiségben tartalmaz foszfort, azaz egyformán nincs tápanyag-utánpótlás.

Az elvégzett vizsgálatok alátámasztják azt, hogy  $\text{CaCO}_3$ , humusz és tápanyagtartalomból is lehet következtetni az erózió dinamikájára ezen a mintaterületen. A sok meszet tartalmazó talajok még inkább érzékenyek az eróziós kártételre, amit FAZAKAS (2013) is igazolt vizsgálataiban. Ahhoz azonban, hogy általános is kijelenthessük azt, hogy az egyes talajparaméterek jó erózióindikátorok, ahhoz más, hasonló kitettségű, más művelésű mintalejtő párokat is érdemes az általunk alkalmazott módszerrel mintázni.

Varianciaanalízissel azt is igazoltuk, hogy egyes kémiai paraméterekből következtethetünk a talaj területhasználatára. Az eredmények szemléltetik azt is, hogy a szántóterület jelentősen leromlott állapotban van. A növényborítás, illetve az állandó növényborítás biztosítása fontos, mely a talaj védelmén felül a szervesanyag-utánpótlást is biztosítja, és a humuszképződésnek is feltétele. A leromlott jelző sajnos nem csak erre az egy táblára vonatkoztatható, hiszen ahogy a terület bemutatásánál is jeleztük, az egész Somogyi-dombvidék erősen kitett az erózióknak. Az eredmények további bizonyítékot szolgáltatnak arra, hogy az erózió elleni védekezés időszerű és szükségszerű.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk az ELTE Környezet- és Tájföldrajzi Tanszéknek és dolgozóinak, hogy lehetőséget biztosítottak a laboratóriumi vizsgálataink elvégzéséhez.

### Irodalom

- BÁDONYI K., MADARÁSZ B., BENKE Sz., KERTÉSZ Á. & CSEPINSZKY B. (2006): A talajművelési módok hatása az erózióra és az élővilágra. In: III. Magyar Földrajzi Konferencia 2006. <http://real.mtak.hu/13897/1/1299004.pdf>
- BENZLER J. H. (1982): *Bodenkundliche Kartieranleitung*. AG Bodenkunde Hannover, p. 331.
- BUZÁS I. (szerk) (1993): *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1, A talajfizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata*, Inda 4231 Kiadó, Bp., p. 37–42.
- CENTERI Cs., GELENCSÉR G. & VONA M. (2010): A Koppányvölgyi Élőhely-rehabilitációs Kísérleti Terület talajtani jellemzése. Az Élhető Vidékért 2010 Környezetgazdálkodási Konferencia Absztrakt Kötete, p. 36.
- CENTERI Cs., VONA M., GELENCSÉR G., AKÁC A. & SZABÓ B. (2011): Examination of soil and water quality along the Koppány Valley Habitat Rehabilitation Experimental Area. Abstract. „Realistic expectations for improving European waters”. Final conference of COST Action 869. Mitigation options for Nutrient Reduction in surface water and groundwaters. Keszthely, Hungary, 12–14. 2011. p. 17.
- CENTERI Cs, SZABÓ B, JAKAB G, KOVÁCS J, MADARÁSZ B, SZABÓ J, TÓTH A, GELENCSÉR G, SZALAI Z & VONA M. (2014): State of soil carbon in Hungarian sites: loss,

## **Erózió okozta talajpusztulás vizsgálata a gerézdpusztai mintaterületen**

---

pool and management. In: Margit A (szerk.) Soil carbon: types, management practices and environmental benefits. 126 p. New York: Nova Science Publishers, 2014. p. 91-117.

DEMÉNY K. & CENTERI Cs. (2008): Habitat loss, soil and vegetation degradation by land use change in the Gödöllő Hillside, Hungary. Cereal Research Communications, Supplement, 36, p. 1739–1742.

DOBÓ Zs. (2013): Eróziós és tápanyagvizsgálatok a gerézdpusztai és novaji mintaterületeken. Szakdolgozat, Szent István Egyetem, Gödöllő.

DOBÓ Zs (2016): Eróziódinamika vizsgálata különböző talajkémiai paraméterek által a gerézdpusztai mintalejtőkön. Tájökológiai Lapok 14 (1): 33-48.

FAZAKAS Cs (2013): A talajerózió és a suvadás közötti kapcsolatok vizsgálata térképezési módszerekkel a Nyárádmagyarósi-medence mintaterületein. Doktori dolgozat, Debrecen.

HUDSON, N. (1973): Soil conservation, London, Batsford, p. 320.

JÁNOSA A. (2011): Adatelemzés SPSS használatával. Computer Books Kiadó Kft.

KERÉNYI A. (1991): Talajerózió Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi kísérletek. Akadémiai Kiadó, Budapest.

KERTÉSZ Á. 2001: A globális klímaváltozás természetföldrajza. Holnap Kiadó, Budapest p. 118.

KONDRATYEV, K. YA. & FEDCHENKO, P. P., (1983): An experience gained from the use of reflection spectra for determination of the humus content in soils. Advances in Space Research, 3(2): 133–136.

LÁNG I., CSETE L. & HARNOS Zs. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

MALATINSZKY, Á. (2016): Stakeholder Perceptions of Climate Extremes' Effects on Management of Protected Grasslands in a Central European Area. Weather, Climate and Society 8(3): 209–217.

SALÁTA D., PETŐ Á., KENÉZ Á., GEIGER B., HORVÁTH S. & MALATINSZKY Á. (2013): Természettudományos módszerek alkalmazása tájtörténeti kutatásokba–Kisgombosi esettanulmány. Tájökológiai Lapok 11 (1): 67–88.

STEFANOVITS P. (1992): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

STEFANOVITS P., FILEP Gy. & FÜLEKY Gy. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest

STEFANOVITS P., FILEP, Gy. & FÜLEKY, Gy. (2010): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest

SZABOLCS I., DARAB K., FÓRIZS J., FÖLDVÁRI Gy., JASSÓ F. & VÁRALLYAY Gy., (1966): A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, Budapest.

SZABÓ B., CENTERI Cs., SZALAI Z. & JAKAB G. (2015a): Talajeróziós folyamatok vizsgálata különböző tájhasználati intenzitás alatt. Talajtani vándorgyűlés – II. szekció, Klíma, környezet, erózió. A talajok térbeli változatossága – elméleti és gyakorlati vonatkozások 75–86.

SZABÓ J., JAKAB G. & SZABÓ B. (2015b): Spatial and temporal heterogeneity of runoff and soil loss dynamics under simulated rainfall. *Hungarian Geographical Bulletin* (2009-) 64:(1): 25-34.

SZABÓ B., CENTERI Cs., SZALAI Z., JAKAB G. & SZABÓ J. (2015c): Comparison of soil erosion dynamics under extensive and intensive cultivation based on basic soil parameters. 14th Alps-Adria Scientific Workshop Neum, Bosnia and Herzegovina

THYLL Sz. (szerk.) 1992: Talajvédelem és vízrendezés dombvidéken. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 350.

VÁRALLYAY Gy. (1997): A talaj és funkciói. *Magyar Tudomány*. XLII. (12) p. 1414–1430.

Internetes forrás:

HTTP1: <http://www.myfloridaeh.com/ostds/acceltraining/PartII/1-SoilColors.pdf>

HTTP2: [http://web.archive.org/web/20071027060221/http://soils.usda.gov/education/resources/k\\_12/lessons/color](http://web.archive.org/web/20071027060221/http://soils.usda.gov/education/resources/k_12/lessons/color)



**Szélerózió okozta humusz- és tápanyag áthalmozás terepi szélszatorna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon**

*Farsang Andrea, Barta Károly, Szatmári József, Bartus Máté*

*SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék*

*E-mail: [farsang@geo.u-szeged.hu](mailto:farsang@geo.u-szeged.hu)*

**Összefoglalás**

Munkánk során dél-alföldi mintaterületek (Apátfalva, Szeged) csernozjom talajait in situ körülmények között terepi szélszatornával vizsgáltuk azon céllal, hogy számszerűsítsük a különböző erősségű szélesemények által okozott talajveszteség mértékét, a feltalaj agronómiai szerkezetében bekövetkező változásokat, valamint az ezzel együtt járó humusz és tápanyag áthalmozás nagyságrendjét, majd eredményeink alapján megállapításokat tegyünk a két terület talajtani sajátosságaiiban és a deflációs érzékenységben tapasztalt különbségek összefüggéseire.

A terepi szélszatorna kísérletek alá vont réti csernozjom területek egyes talajtani alaptulajdonságaikban (fizikai féleség, aggregátum összetétel, humusz %,  $\text{CaCO}_3$  tartalom) kismértékben eltérnek egymástól. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát- és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány a küszöbsebességi érték növelésének irányába hatnak. A Szegedtől É-ra eső réti csernozjomokon 6,5-9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke. Az egy-egy erozív szélesemény alkalmával regisztrálható humusz elmozdulás 5,5-6,9 g/m<sup>2</sup>, a foszfor 0,1-0,8 g/m<sup>2</sup>, a kálium elmozdulás pedig 1,6-13,9 g/m<sup>2</sup> között változott. Ezen értékek nagyságrendi egyezést mutatnak BIELDERS et al., (2002), valamint STERK et al., (1996) terepi, on-site technikával kapott mérési eredményeivel.

**Summary**

Wind erosion is one of the most important soil degradation processes in Hungary, impairing not only Arenosols but Phaeozems and Chernozems with good quality as well. Despite there are several wind erosion investigations in the last decades in Hungary there were no any portable wind tunnel experiments so far. Our work proposed to make up this shortage with the following aims: a) quantification of soil loss caused by different wind speeds; b) determination of the changes in the top soil agronomic structure; c) to estimate the movement of organic carbon and nutrients by wind; d) to establish differences in wind erosion sensitivity on different soils.

Portable wind tunnel experiments were made on different Phaeozem soils in the Southern part of the Great Hungarian Plain near Szeged and Apátfalva. Differences in wind erosion properties are caused by little differences in physical and chemical properties of the studied soils: because of the higher humus,  $\text{CaCO}_3$  content and ratio of soil crumb the threshold velocity of soil from Apátfalva will higher (13.0 m/s) than in Szeged (6.5-9.0 m/s). Humus and nutrient losses were varied between 5.5-6.9 g/m<sup>2</sup> (humus), 0.1-0.8 g/m<sup>2</sup>, (phosphorus) and 1.6-13.9 g/m<sup>2</sup> (potassium). These values are in the same order of magnitude as in other authors' results based on field experiments (BIELDERS et al., 2002; STERK et al., 1996).

## Bevezetés

A talajtakaró képződés természetes dinamikájának, igen sérülékeny egyensúlyának megbomlását a rendszeres mezőgazdasági művelés hozta magával (THYLL, 1992; KERÉNYI, 1991). A XX. – XXI. században tapasztalható intenzív talajhasználat a mezőgazdasági művelés alatt álló talajaink erőteljes degradálódását, terhelését vonja maga után. Globális szinten évente 20 milliárd tonnára becsülik a termőföldről lepusztuló talajmennyiséget, az ebből származó terménycsökkenést 20 millió tonnára, a teljes termelés 1%-ára tehetjük (KITKA, 2009). Magyarország mezőgazdasági területének 35,3%-a erodált valamilyen mértékben (8,5%-a erősen, 13,6%-a közepesen, 13,2%-a gyengén erodált) (STEFANOVITS & VÁRALLYAY, 1992). Ez nemcsak a tápanyagban gazdag feltalaj fizikai csonkolódását jelenti az érintett területeken, hanem az elmozduló talajrészecskékhez kötötten, ill. oldott formában a makro- és mikroelem tartalom távozását is az érintett térrészekről. A szélereziónál sújtott területek aránya Magyarországon szintén jelentős. Területének kb. 26%-án közepes és súlyos a defláció veszélyeztetettség. Ez körülbelül 2,6 millió hektárt jelent (LÓKI, 2003). Főleg a nagy kiterjedésű homokterületek vannak veszélyben, mint például Belső- Somogy, a Kiskunság, vagy a Nyírség, de az erózió elleni védelem rendkívül fontos az értékesebb csernozjom talajjal rendelkező DK-i országgrészben is (BAUKÓ & BEREGSZÁSZI 1990; BARCZI & CENTERI 2005). A Duna-Tisza-közén a deflációval veszélyeztetett területek aránya eléri a 23%-ot (SZATMÁRI, 2005).

Lényeges tehát a talaj tápanyagforgalmában a horizontális komponens mind pontosabb közelítése, hiszen a víz- és szélereziónál történő felszíni elmozdulás a tápanyagmérleg második legjelentősebb tétele. Meghatározó a talaj tápanyagforgalmi számításában, a környezetkímélő, fenntartható tápanyaggazdálkodási gyakorlat kialakításában annak ismerete, hogy egy adott területen a széleseményekhez kötődően, vagy egy vegetációs időszakra összesítve mennyi a felszíni elmozdulásból adódó tápanyag veszteség, ill. milyen mértékű a tápanyag átrendeződés, hol vannak a felhalmozódási területek stb.

A defláció talajdegradáción túlmutató hatásai szintén sokrétűek. A defláció érzékeny talajokon a szél hatására a finomabb részecskék (agyag, iszap frakció) eltávoznak a talajból, amelyben a durvább frakció aránya megnő. A kedvezőtlen fizikai talajtulajdonságok kialakulása (pl. a talaj vízkapacitásának változásán keresztül) a talajökológiai rendszerek hanyatlását eredményezhetik. Európában, főként a mezőgazdaságilag intenzíven hasznosított talajokban a por- és agyagfrakció aránya jelentős (pl. glaciális, fluviális eredetű talajképző kőzeten kialakult talajok, löszön kialakult csernozjom talajok). Erős, de már közepes szélességeket esetén is jelentős poremissziót figyeltek meg Európa különböző országaiban és hazánkban is (BAUKÓ, BEREGSZÁSZI 1990, GOOSSENS, 2002; BARRING et al., 2003; SZATMÁRI, 2007; FARSANG et al., 2013).

A levegőbe került nagy mennyiségű talajrészecske nem csak egészségügyi kockázattal jár, de csökkenheti a látótávolságot, ezáltal nőhet a gépjárműves balesetek kockázata. A defláció során levegőbe került szediment nem kívánt hatást gyakorol növényekre (lerakódás csökkenti a fotoszintézis mértékét), járművekre, épületekre, utakra is (TOY et al., 2002).

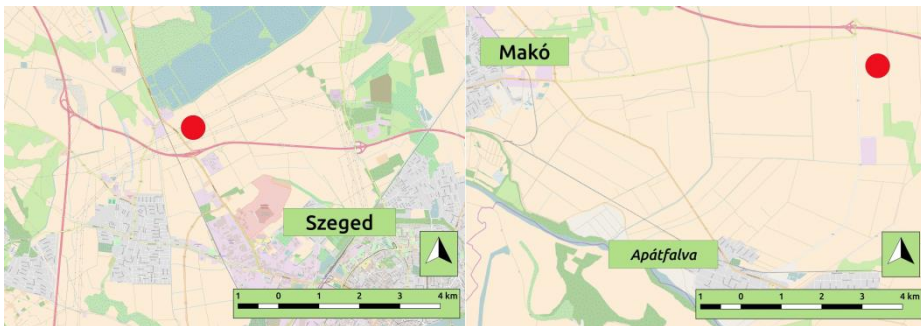
# Szélérózió okozta humusz- és tápanyag áthalmozás terepi szélcsatorna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon

## Anyag és módszer

Vizsgálati területeink Csongrád megyében, Makótól K-re mintegy 10 km-re, Apátfalva külterületén, valamint Szegedtől ÉNY-ra 2 km-re helyezkedtek el (1. ábra). Az in situ szélcsatornás kísérleteinket 2011. június 2–4. között Apátfalván, valamint Szegeden 2013 júliusában végeztük. Mindkét terület talajtípusa réti csernozjom, melyek szántó művelés alatt állnak.

Az apátfalvi terület a Marosszög és a Csongrádi-sík kistájak határán helyezkedik el. A felszíni formák nagyobb része folyóvízi eredetű, a felszín a Maros különböző mértékben feltöltött holtágai fedik. A területen a nagy vastagságban megtalálható pannon üledékre 200-400 m vastagságban folyóvízi eredetű pleisztocén rétegek települtek. A felszínen 8-15 m vastagságban holocén képződmények találhatók, főként ártéri iszap, agyag, homokliszt. A magasabb térszínek pleisztocén löszborításán jó minőségű csernozjom talajok alakultak ki (DÖVÉNYI, 2010). Az apátfalvi területre a löszös üledéken kialakult réti csernozjom talajok előfordulása jellemző. A mintaparcella taljának A-szintben meghatározott fizikai félesége vályog, kémhatása gyengén lúgos (pH=7,4), humusztartalma 4,4%, CaCO<sub>3</sub> tartalma 8,8%, vízdoldható összes só tartalma nem jelentős.

A másik vizsgálati terület Szegedtől ÉNy-ra elhelyezkedő szántó (napraforgó) parcella (1. ábra) az Alsó-Tisza-vidék középtáján, s ezen belül a Dél-Tisza-völgy kistáján található. A táj taljai általában homokos, iszapos, helyenként folyóvízi eredetű agyagos üledékeken képződtek, s mind fizikai féleségüket, mind pedig genetikai típusukat tekintve nagy változatosságot mutatnak. A vizsgált parcella talaja a réti csernozjom talajtípusba tartozik. A talaj fizikai félesége vályog, K<sub>A</sub>= 38-41. A humusztartalom a humuszos szintben 2,2-3,7% között változik. A humuszos réteg vastagsága 60 cm. Kémhatás a szelvény mentén gyengén lúgos és lúgos, a szelvény mélységével a pH értéke nő (pH<sub>H2O</sub>=7,9-9,2). A CaCO<sub>3</sub> tartalom 3,2-24,5% között, a vízdoldható összes só pedig 0,02-0,07% között változik.



1. ábra Mobil szélcsatornás vizsgálatok helyszínei Szegeden és Apátfalván

A kísérlet sorozatokhoz egy 12 m hosszú, 0,8 m széles és 0,75 m magas szélcsatornát használtunk. A szélcsatorna több részből áll. Egy nagy teljesítményű, 1,2 m átmérőjű ventilátor biztosította a légáramlatot, melyet egy 7,5 kW-os villanymotor hajtott meg. A ventilátort egy flexibilis cső követi, amely egy ún. laminátor részhez csatlakozik. Laminátor alkalmazása nélkül a ventilátor forgó mozgása miatt a levegő örvényszerűen áramlana a csatorna egész területén. A laminátort egy szűkítő elem követi, amely immár egyenes vonalú légáramlatot vezet egy héttagú (egyenként 80 x 70 x 75 cm, összesen 5,6 m hosszú), alul nyitott szélcsatornába. A szélcsatornában megfűjtott talajfelszín összesen 3,36 m<sup>2</sup> nagyságú. Az elemek után egy tálcárcs található, amely a görgetve mozgó

részecskék gyűjtésére alkalmas. A szuszpendálva és szaltálva szállított talajszemcsék mintázásához a szélcsatorna kimeneti nyílásába csapdázókat helyeztünk (FARSANG et al., 2013).

Minden fújatási esemény 3 párhuzamos, 10 perc hosszú fújatási kísérletből állt. Kísérleteinket 4900–5100-as fordulatszámra, mintegy 12–17 m/s közötti (30 cm magasan mért) szélsébségen végeztük. A szélsébséget minden fúvatás során horizontális és vertikális profilokban is mértük. A mérés Lambrecht Jürgens 642 típusú anemométer segítségével történt. Minden kísérlet előtt (E) és után (U) mintáztuk a talajfelszín (0–5 cm) a turbínától távolodva három ponton (E1, E2, E3, U1, U2, U3). A fújatási kísérleteket követően mintáztuk a görgetve szállítódó frakciót, mely a szélcsatorna végénél elhelyezett süllyesztett peremes ládában gyűlt össze, valamint ürítettük a szélcsatorna végénél elhelyezett csapdákat. Az MWAC (Modified Wilson and Cook) csapdasorozat elemei 5, 15, 25, 35, 45, 55 cm magasságokban helyezkedtek el. A WAST (Wet Active Sediment Trap) egy általunk kifejlesztett, jelenleg szabadalmaztatási folyamat alatt álló horizontális aktív csapda, mely különböző magasságokban mintáz, izokinetikus, nedves csapdázó. A csapdák bemeneti nyílásai 5–10, 20–25, 50–55 cm magasságokban helyezkednek el (2. ábra).



**2. ábra A WAST csapdák elhelyezése fújatási kísérlet előtt**

A laboratóriumi vizsgálatokat a megfelelő előkészítést követően a következő talajtani paraméterek kerültek meghatározásra: aggregátum méreteloszlás szitálással, Arany-féle kötöttségi szám az MSZ-08-0205:1978 szabvány szerint, pH(H<sub>2</sub>O), karbonát-tartalom MSZ-08-0206/2:1978 szerint, a szervesanyag-tartalom pedig az MSZ 21470/52:1983 szabvány szerint. A szemcseösszetétel méréseket Particle sizer Analysette 22 MicroTec plus típusú, Fritsch gyártmányú lézer diffrakciós műszerrel végeztük. A mintákból ammónium-laktátos oldattal határoztuk meg a növények által felvehető foszfor- és kálium-tartalmat, amit AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ban és AL-K<sub>2</sub>O-ban adtunk meg. A mérés a felvehető foszfor esetében a hígítatlan oldatokból történt, Foss Fia Star 5000 áramlásos UV-VIS spektrofotométerrel. A felvehető káliumtartalom meghatározását Perkin Elmer 3110 atomabszorpciós és emissziós spektrométerrel végeztük.

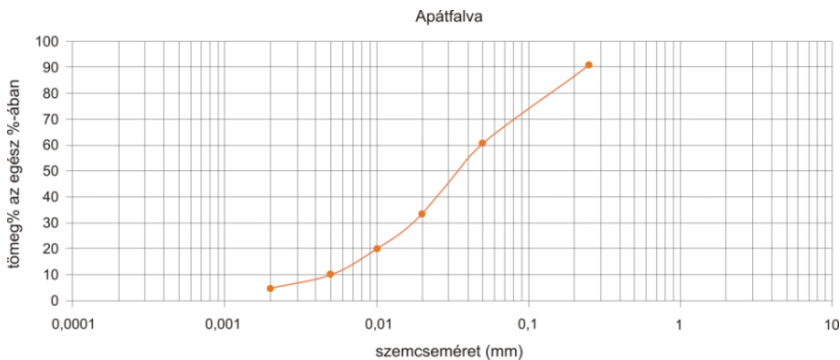
# Szélérozió okozta humusz- és tápanyag áthalmazás terepi szélcsatorna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon

## Eredmények és értékelésük

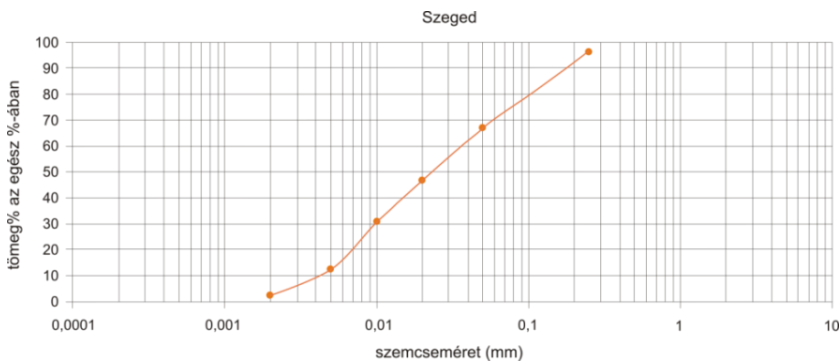
A terepi szélcsatorna kísérletek alá vont két dél-alföldi réti csernozjom terület, bár talajtípusa, talajképző köze egyezést mutat, egyes talajtani alaptulajdonságaiban eltér egymástól. A vizsgált területek talajai fizikai féleségüket tekintve (3-4. ábra) vályog kategóriába esnek (FARSANG et al. 2011) (1. táblázat). A humusztartalom a feltalajban az apátfalvi területen magasabb, 4,5–4,8 %. A kémhatás mindkét szelvény esetében a gyengén lúgos és lúgos között változik. A  $\text{CaCO}_3$  tartalom az apátfalvi területen magasabb (12,2%), míg Szeged mellett 4,2 % között alakul a feltalajban. A vízdható összes só értéke mindkét mintaterületen alacsony, 0,02–0,07 % közötti értéket vesz fel.

1. táblázat Az apátfalvi és szegedi kísérleti parcellák talajainak alapvizsgálata (átlag értékek)

	Összó tartalom (%)	pH	Karbonát tartalom (%)	Humusz %	Kötöttség ( $K_A$ )
<b>Apátfalva</b>	0,05	8,2	12,2	4,6	40
<b>Szeged</b>	0,02	7,9	4,2	2,9	38



3. ábra Az apátfalvi mintaterület talajának mechanikai összetétele



4. ábra A szegedi mintaterület talajának mechanikai összetétele

A LÓKI (2003) által készített Magyarország potenciális széleroziós térképén mindkét terület a közepesen veszélyeztetett kategóriába esik, a „Kritikus indítósebesség értékei Magyarországon” c. térképlap alapján a területekre 8,6-10,5 m/s a várható indítósebesség érték. A Szegedtől É-ra eső réti csernozjomokon LÓKI (2003) által is előjelzett, a csernozjom talajok fizikai félesége alapján prognosztizálható 6,5-9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke. A különbség oka a két terület talajának eltérő humusz- és karbonáttartalma, melyek a talaj szerkezetének kialakításában, a stabil szerkezeti elemek képződésében nagy szerepet játszanak. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát- és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány (1-2. táblázat) a küszöbsebességi érték növelésének irányába hatnak.

A különböző nagyságú szerkezeti elemek elmozdulását tekintve megállapítható, hogy a gördülő mozgás azokra a szemcsékre vagy aggregátumokra igaz, amelyek túl nehezek ahhoz, hogy a szél felemelje, s szaltáció útján mozgassa őket. Általában 0,5–20 mm méretű szemcsékre vonatkozik ez, de befolyásolja ezt az anyag sűrűsége is (LÓKI 2003). Kimutatták, hogy a mozgó anyag mennyiségének kb. 7–25%-a így közlekedik, függően a szél erejétől, ill. a szemcseösszetételtől. A pattogva ill. szaltálva mozgás a leggyakoribb üledékszállítási forma, az esetek 80–90%-ában így közlekedik az üledék (LÓKI 2003). Általában a 0,1–0,5 mm közötti szemcséket szállítja így a szél.

A két terület feltalajának mechanikai összetétele ugyan nem mutat jelentős eltérést (3. és 4. ábrák), de az aggregátum összetételében jelentős különbség van a 0,5 mm alatti és feletti szerkezeti elemek megoszlásában. Az apátfalvi területen – feltehetően köszönhetően a szerkezeti elemek kötőanyagaként jelentős szerepet kapó magasabb  $\text{CaCO}_3$ - és humusztartalomnak – a 0,5 mm morzsaátmérőt meghaladó szerkezeti elemek aránya 76,8%, míg a szegedi területen az az érték csupán 68,1%. A 0,5 mm-nél kisebb, tehát a széllel leginkább mozgékony szerkezeti elemek aránya az apátfalvi területen 23,1%, Szegednél 30,6% (2. táblázat).

**2. táblázat Az eredeti talajfelszín aggregátum összetétele a két vizsgált területen (tömeg%, Apátfalva n=3, Szeged n=10)**

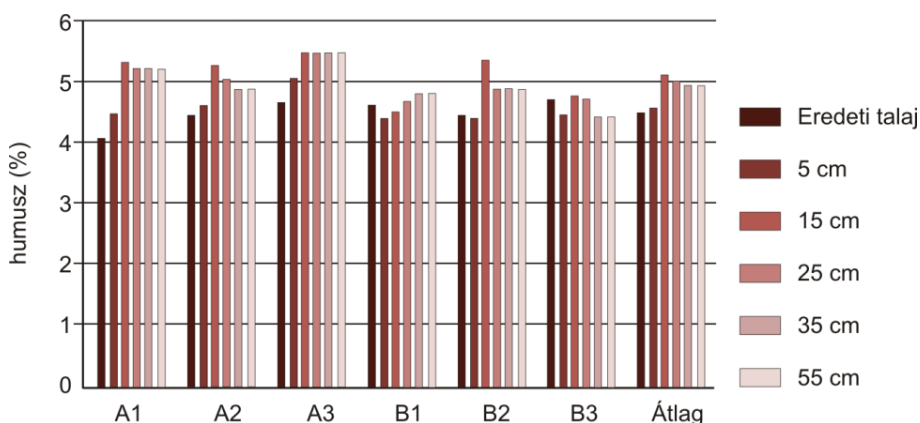
mm	Apátfalva felszín m/m%	Apátfalva Szórás	Szeged felszín m/m%	Szeged Szórás
>4	14,4	3,9	23,9	1,7
2–4	18,4	1,7	9,5	1,5
1–2	25,1	1,2	18,4	1,9
0,5–1	19,0	1,4	16,3	1,7
0,25–0,5	9,7	1,3	11,2	1,9
<0,25	13,4	2,6	19,37	1,5

A szerkezeti elemösszetételben, valamint a humusz- és  $\text{CaCO}_3$  tartalomban megfigyelhető különbségek hatására a Szeged melletti csernozjom mintaterület talaja defláció érzékenyebb. A feltalajban mért magasabb humuszkoncentráció, valamint a 0,5 mm-nél kisebb szemcsék magasabb aránya következtében kisebb indító sebesség értékeket,

## Szélrózáló okozta humusz- és tápanyag áthalmozás terepi szélcsonna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon

nagyobb áthalmozódó talajmennyiséget, valamint ezzel együtt nagyobb mennyiségű humusz- és foszfor elmozdulást mértünk az egységesen 10-10 perces fűtési kísérleteink alkalmával (3. táblázat).

A széleseményenként elmozduló talajanyag mennyiségének, valamint a csapdákból felhalmozódó üledék humusztartalmának ismeretében kalkuláltuk a humusz- és tápanyagfeldúsulás mértékét, melyben a két terület között jelentős eltérést nem tapasztaltunk. A csapdákból felhalmozódott talajanyagban a humusztartalom dúsul (5. ábra).



**5. ábra A humusz mennyisége az MWAC csapdák talajanyagában (Apátfalva)**

Az MWAC csapdák anyagának humusztartalmát osztva az eredeti talajfelszín humusztartalmával, szélrózálótól függően a 15 és 25 cm magasan elhelyezett csapdákra  $FF=1,1$  körüli feldúsulási faktorokat kapunk. A 15–55 cm között elhelyezett csapdák anyagában 0,6-1,0%-kal magasabb H% mérhető, mint az eredeti talajban (5. ábra). A talaj makroelemei (P, K) összes elemtartalomra vonatkozó értékei egyik területen sem mutattak feldúsulást a szélrózálót mozgatott talajfrakcióban, a feldúsulási faktorok 0,95 és 1,2 között változnak (3. táblázat).

**3. táblázat Az elmozduló talajanyag, a feldúsulási faktorok, valamint az elmozduló humusz (H) és elemtartalom mennyiségének összevetése az apátfalvi és szegedi réti csernozjomon végzett kísérletekre vonatkozóan**

		Kritikus küszöbsebesség m/s	Áthalmazódó talajmennyiség (átlag) (g m <sup>-2</sup> )	Koncentráció a csapdázott szedimentben	Feldúsulási faktor	Összes humusz / elem áthalmazódás (g m <sup>-2</sup> )
Szeged	H%	6,5-9,0	343,2	2,7	1,1	6,9
	P (ppm)			2268	1,2	0,78
	K (ppm)			40801	1,05	13,9
Apátfalva	H%	13	115,1	4,8	1,07	5,5
	P (ppm)			884	0,98	0,11
	K (ppm)			16344	1,08	1,61

Különbség figyelhető meg azonban az elszállítás módjában: míg a kisebb szerkezeti elemekkel jellemezhető szegedi csernozjom területen a 13-15 m/s-os szélesemények során a talajanyag áthalmazódása ~2%-ban görgetve történik, ~51%-a szaltálva és mintegy 47%-a szaltálva és lebegtetve távozik a területről, addig az apátfalvi szerkezetesebb talajú területen a talajelmozdulás döntő többségét a görgetve szállított talajanyag teszi ki, s a szaltálva, ill. lebegtetve távozó frakció mennyisége a teljes talajmozgáshoz viszonyítva csupán 10,7%-17,4% között változik.

A humusz- és elemáthalmazódás mértéke tekintetében nagy különbségek nem adódtak a két csernozjom talajú terület között. Az egy-egy erozív szélesemény alkalmával regisztrálható humusz elmozdulás 5,5-6,9 g/m<sup>2</sup>, a P 0,1-0,8 g/m<sup>2</sup>, a K elmozdulás pedig 1,6-13,9 g/m<sup>2</sup>. Ezen értékek nagyságrendi egyezést mutatnak BIELDERS ET AL. (2002), valamint STERK ET AL. (1996) terepi, on-site technikával kapott mérési eredményeivel (4. táblázat).

**4. táblázat A P és K áthalmazódási értékek összevetése egyes kutatók által megállapított szeleroziós tápelem veszteségekkel**

	P (g/m <sup>2</sup> )	K (g/m <sup>2</sup> )
<b>FARSANG et al. 2014</b>	0,11-0,78	1,6-13,9
<b>BIELDERS et al. 2002</b>	0,009-0,065	0,002-0,128
<b>STERK et al. 1996</b>	0,61	5,7



## **Szélrózió okozta humusz- és tápanyag áthalmozás terepi szélcsatorna kísérleteken alapuló értékelése Dél-alföldi csernozjom talajokon**

---

### **Összegzés**

A közel egyező mechanikai összetételű Szeged és Apátfalva melletti réti csernozjom talajok aggregátum összetételében, valamint a  $\text{CaCO}_3$  és humusztartalomban megfigyelhető különbségek hatására a Szeged melletti csernozjom mintaterület talaja defláció érzékenyebb. A Szegedtől É-ra eső csernozjomokon 6,5–9,0 m/s közötti indítósebesség értékeket mértünk, míg Apátfalván 13,0 m/s volt az indítósebesség értéke, ami közel háromszoros talajvesztiséget eredményezett. Az apátfalvi terület talajának magasabb karbonát és humusztartalma, valamint szerkezeti összetételében mért magasabb morzsa arány a küszöbsebességi érték növekedésének irányába hat. A feltalajban a 0,5 mm-nél kisebb szemcsék magasabb aránya következtében nem csak kisebb indítósebesség értékeket, hanem nagyobb áthalmazódó talajmennyiséget, valamint ezzel együtt nagyobb mennyiségű humusz- és foszfor elmozdulást mértünk az egységesen 10-10 perces fújatási kísérleteink alkalmával a szegedi mintaterületen. Megállapítható tehát, hogy egyazon talajtípusba eső, s azonos textúrájú talajok esetében az aggregátum összetételben, valamint a  $\text{CaCO}_3$  és humusztartalomban megfigyelhető eltérések hatására jelentős különbségek tapasztalhatók a defláció érzékenység, a küszöbsebesség, a szediment szállítás módja és a humusz- és elemáthalmozás mértéke között.

### **Irodalomjegyzék**

- BARCZI A. & CENTERI Cs. (2005): Az erózió és a defláció tendenciái Magyarországon. In: Stefanovits P, Michéli E (szerk.) A termőföld jelentősége a XXI században. 403 p. Budapest: MTA TKK, 2005. p. 221–244.
- BAUKÓ T. & BEREGSZÁSI P. (1990): Egyszerűsödő agrár-tér szerkezet – fokozódó szélkárosodás Békés megyében. Környezetgazdálkodási évkönyv, p. 87–95.
- BÄRRING L., P. JÖNSSON, J.O. MATTSSON & R. ÅHMAN (2003): Wind erosion on arable land in Scania, Sweden and the relation to the wind climate: a review. *Catena*, 52. p.173–190.
- BIELDERS, C. L., RAJOT, J. & AMADOU, M. (2002): Transport of soil and nutrients by wind in bush fallow land and traditionally managed cultivated fields in the Sahel, *Geoderma*, 109. p.19–39.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. Második, átdolgozott és bővített kiadás, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, p. 876.
- FARSANG, A., BARTUS, M. BARTA, K. & SZATMÁRI, J. (2013): Csernozjom talajok in situ szélróziós vizsgálata terepi szélcsatornával, *Talajvédelem*, p.157–169.
- FARSANG A., BARTUS M., SZATMÁRI J., BARTA K. & R. DUTTMANN (2013): In situ determination of the wind erosion caused nutrient loss on Chernozems by portable wind channel experiments. *Journal of Earth Science and Climatic Change* 4:(Spec. Iss.) p. 67.
- FARSANG, A., SZATMÁRI, J., NÉGYESI, G., BARTUS, M. & BARTA, K. (2011): Csernozjom talajok szélrózió okozta tápanyag-áthalmazódásának becslése szélcsatorna-kísérletekkel. *Agrokémia és Talajtan*, 60. (1) p.87–102.
- GOOSSENS, D. (2002): On-site and off-site effects of wind erosion. In: *Wind erosion on agricultural land in Europe* (ed.: Warren, A.). Office for Official Publications of the European Communities. EUR 20370, p. 29–38.

- KERÉNYI A. (1991): Talajeroszió. Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi kísérletek. Akadémiai Kiadó. Budapest. p. 219.
- KITKA G. (2009): Optimális területhasznosítás tervezése kisvízgyűjtő méretarányban az EROSION 3D talajeroszióbecslő modell segítségével. PhD Disszertáció, Kézirat SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék p.146.
- LÓKI J. (2003): A széleroszió mechanizmusa és magyarországi hatásai. MTA doktori értekezés. Debrecen p. 265.
- STEFANOVITS, P. & VÁRALLYAY GY. (1992): State and management of soil erosion in Hungary. In: Proceedings of the Soil Erosion and Remediation Workshop. US – Central and Eastern European Agro-Environmental Program. p.79–95.
- STERK, G., HERRMANN, L. & BATIONO, A. (1996): Wind-blown nutrient transport and soil productivity changes in Southwest Niger, Land degradation & development, 7. p.325–335.
- SZATMÁRI J. (2005): The evaluation of wind erosion hazard for the area of the Danube-Tisza Interfluve using the Revised Wind Erosion Equation. Acta Geographica Szegediensis. XXXVIII. p.84–93.
- SZATMÁRI J. (2007): Investigation of wind erosion and dust pollution in the Danube-Tisza Interfluve. In: Kovács Csaba (szerk.) From villages to cyberspace : In commemoration of the 65th birthday of Rezső Mészáros, Academician: Falvaktól a kibertérig : Ünnepi kötet Mészáros Rezső akadémikus 65. születésnapjára. 471 p. Szeged: SZTE TTIK Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, p. 429-438.
- THYLL, SZ. (szerk.) (1992): Talajvédelem és vízrendezés dombvidéken. Mezőgazda Kiadó. Budapest. p. 350.
- TOY, T.J., FOSTER, G.R. & RENARD, K.G. 2002: Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control. New York: John Wiley and Sons, 338 p.

**Növénytáplálási kísérletek talajtani vizsgálata kedvezőtlen termőhelyen létesített fás szárú energetikai ültetvényben**

*Bakti Beatrix<sup>1</sup>, Simon Barbara<sup>2</sup>, Gyuricza Csaba<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>: *Erdészeti Tudományos Intézet, Ültetvényszerű Fatermesztési Osztály, Püspökladány*

<sup>2</sup>: *Szent István Egyetem, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, Gödöllő*

<sup>3</sup>: *Szent István Egyetem, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő*

*E-mail: [baktib@erti.hu](mailto:baktib@erti.hu)*

**Összefoglalás**

A megújuló energiaforrások felhasználásának növekedésével hazánkban is egyre nagyobb szükség lesz a biomasszára, mint energiahordozóra. Fontos, hogy a tűzifa mellett egyre inkább a kevésbé értékes szántóföldi területeken is termelhesünk energetikai alapanyagot fás szárú ültetvényekkel, melynek fontos környezetvédelmi aspektusai is vannak, mint például a talajvédelem, vagy a légköri szén megkötése. A Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn kedvezőtlen termőhelyi körülmények között csernozjom barna erdőtalajon 2007-ben fás szárú energianövényekkel állítottunk be kísérletet. A kísérletben öt fűzfajta (*Tora, Tordis, Inger, Sven, Csala*), illetve négy nyárfajta (*AF2, Pegaso, Sirio, Monsivo*), valamint három növénytáplálási szint (kontroll, műtrágya, szennyvíziszap komposzt) hatását vizsgáltuk. Arra kerestünk választ, hogy kétéves vágásfordulóban melyik tápanyagkezelés, illetve melyik fajta biztosítja a legnagyobb biomasszát és hogy miként változik a talajállapot. A talajállapot minősítését talajfizikai (talajjellenállás, talajnedvesség-tartalom, térfogattömeg), talajkémiai (pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl), szervesanyag-tartalom) és talajbiológiai (földigiliszta egyedszám és biomassza tömeg) paraméterek mérésével végeztük el. A komposztal kezelt parcellákon bizonyítottuk, hogy a talaj nedvességvesztés csökkenése érhető el, ami segíti a növényeket az esetleges szárazabb periódusok átvészelésében, továbbá megőrzi vagy javítja a talaj kedvező fizikai, biológiai állapotát.

**Summary**

Due to the continuously increasing utilization of renewable energy sources, the need for biomass as an energy source is to increase in Hungary in the near future. It is important that besides firewood production raw material for energetic purposes should be produced on agricultural lands with lower fertility through the use of woody biomass plantations. On one hand, it can enhance the financial stability of farmers through the diversification of income sources, while, on the other hand, woody energy plantations have significant environmental protection effects, such as the protection of the soils against erosion or carbon sequestration. In the Crop Production and Biomass Utilisation Demonstration Centre of Szent István University in Gödöllő an experiment was set up with woody energy crops on brown forest soil (WRB: Luvic Chernozem) in 2007. The experiment was set up to study five willow varieties (*Tora, Tordis, Inger, Sven, Csala*) and four poplar varieties (*AF2, Pegaso, Sirio, Monsivo*), at three various nutrient levels (control, fertilisers, sewage sludge compost). Our objectives were to find out which nutrient treatment and which variety will produce the greatest biomass, and how will the soil properties change in a two-year harvesting schedule. The soil quality was determined by the following soil

parameters: physical (soil resistance, soil moisture content, bulk density) chemical (pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl), organic matter) and biological (earthworm abundance, biomass and morphotypes). It was proved that in the compost-treated plots the soil moisture content was higher, which helps the plants' survival in dry periods. Furthermore, it retains or improves the favourable physical and biological condition of soil.

## Bevezetés

Az Európai Unió célkitűzéseivel összhangban a megújuló energiaforrások hasznosítási arányának 2020-ra el kell érnie a 14,65%-ot (minimum 13%-ot) Magyarországon. A fosszilis energiahordozók fogyásával és a folyamatosan emelkedő szén-dioxid kibocsátással világszerte előtérbe került a biomassa energetikai célra történő hasznosítása. Olyan növénykultúrát tekintünk energiaültetvénynek, amelyet elsődlegesen biomassa-termelés és energetikai felhasználás céljából telepítettek (BLASKÓ, 2008; RÉNES, 2008).

Magyarországon az utóbbi időben a művelési ágak szerkezetében jelentős változások történtek, növekedett az erdő- és a mezőgazdasági művelésből kivett területek aránya, ami az energetikai célú biomassa-hasznosítás szempontjából kedvező tendenciának tekinthető (SZABÓ & BARÓTFI, 2009). Több százezer hektárra tehető azon szántóterületek nagysága, amelyeken nehezen garantálható a jövedelmezőség hagyományos növényekkel (GYURICZA et al., 2011). A vízjárta, belvizes területek, valamint a szélsőséges víz- és tápanyag-gazdálkodású talajok általában az elmaradottabb térségekben találhatóak, ezért a jövőben a mezőgazdaságnak nagyobb figyelmet kell fordítania e területek termelésből való kivonására (DOBÓ et al., 2006). A lágyszárú és faszárú energianövények hő-, és villamosenergia célú termesztése elsősorban a hagyományos takarmány és élelmiszer növények számára kedvezőtlen termőhelyeken jöhet számításba (TAMÁS, 1997). Ezek a területek alkalmasak faszárú energianövény termesztésére. Vannak olyan fafajok (pl.: *Populus* sp., *Salix* sp.), melyek e kedvezőtlen termőhelyi adottságokat is elviselik, ezért ott is telepíthetők, ahol más mezőgazdasági növények termesztése gazdaságtalanná vált (BARKÓCZY et al., 2007). Az erózióknak kitett területeken a rövid vágásfordulójú ültetvények telepítése kiváló talajvédő funkciót lát el, mert egész éves talajfedettség érhető el, ezért a faszárú energiaültetvények létesítése a vidék népességének megőrzésén túl, a lakosság számára jövedelmező mezőgazdasági tevékenység lehet a jövőben. (GYURICZA, 2007).

Az energetikai faültetvények hazai kutatása az elmúlt évtizedekben sokirányú volt. Kidolgozták azokat a módszereket, technológiai változatokat, amelyek különböző ökológiai adottságú termőhelyeken a legnagyobb biztonsággal alkalmazhatók (BAI et al., 2008). A kutatások kiterjedtek a faj és fajta megválasztására, a megfelelő tőszámsűrűség meghatározására, illetve a különböző vegetatív szaporítási módszerek továbbfejlesztésére, a telepítési technológia javítására, a növényápolás, a növényvédelem, a növénytáplálás módszereinek és hatásainak vizsgálatára, a betakarítási technológia kidolgozására, valamint a betakarított faanyag tárolására, szárítására és további hasznosítási lehetőségeire (IVELICS, 2006; BARKÓCZY, et al., 2007; GYURICZA et al., 2011). Bőséges hazai és nemzetközi kutatási eredmény született a faszárú energianövények klímaváltozásban betöltött kedvező hatásairól, valamint a fitoremediációs, tájrehabilitációs célú alkalmazás lehetőségeiről (HELLER et al., 2003; LAUREYSENS et al., 2004; SIMON et al., 2010). Lényegesen kevesebb kutatás folyt ugyanakkor az energetikai faültetvények hatásáról a talaj fizikai, biológiai és kémiai állapotára. LIEBHARD (2009) megállapítja, hogy a jelentős talajfizikai jellemzőknél, mint a porozitás, a pórustérfogat, a pórusméret-eloszlás, a

## Növény táplálási kísérletek talajtani vizsgálata kedvezőtlen termőhelyen létesített fás szárú energetikai ültetvényben

térfogattömeg, a szerkezeti stabilitás, a talajellenállás, továbbá az infiltrációs ráta középtávon kedvező hatás figyelhető meg, ugyanakkor a jelenleg rendelkezésre álló eredmények nehezen teszik lehetővé az egyértelmű megítélést. A hagyományos szántóföldi növénytermesztés talajállapotra vonatkozó hatásai részletesen vizsgáltak (JÓZEFCIUK et al., 2001; BIRKÁS et al., 2004), számos eredmény kiterjeszhető az energetikai faültetvényekre, azonban a technológia sajátosságai miatt a konkrét kutatások nem nélkülözhetők. A talaj számos talajban élő organizmusnak jelent élőhelyet. A talajélőlények (edaphon) közül a földigiliszták vizsgálata kiemelt jelentőségű, mert a talaj ökoszisztémában betöltött szerepük a mérsékelt égövben bizonyított és a talaj biológiai állapotának jelentős indikátorai (SACHELL, 1983.; LEE, 1985). A talajművelési kutatásokban szintén a földigilisztákkal kapcsolatos kísérletek a legelterjedtebbek.

Az alkalmasan megválasztott energianövény biomasszája, rövid vágásfordulót alkalmazva többször letermelhető a természet 15–20 éves ciklusában. A megfelelő hozamok azonban csak megfelelő tápanyag-utánpótlás biztosítása mellett várhatók el (GYURICZA et al., 2008).

Jelen tanulmány célja az energetikai faültetvény létesítését követő négy év talajállapot változásának bemutatása gödöllői csernozjom barna erdőtalajon fűz-nyár kísérletekben.

### Anyag és módszer

A kísérletet a Szent István Egyetem Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában állítottuk be 2007-ben. A kísérleti tábla talaja csernozjom barna erdőtalaj (WRB: Luvic Chernozem). A degradációs folyamatok következtében közepes termőrétégű, gyengén humuszos változat alakult ki. A terület erózió veszélyeztetett, a talaj fizikai félesége homokos vályog, amely tömörödéssel érzékeny. A talaj felső 20 cm-es rétegében 54% homok, 26% vályog és 20% agyagfrakciót találhatók. A feltalaj (0-35 cm) agyagtartalma 26%, vízvezető képessége jó, az altalaj gyenge. A feltalaj humusztartalma gyenge ugyanúgy, mint N-ellátottsága. Kálium- és foszfor ellátottsága megfelelő. A kísérleti terület talajának 2009-es alapvizsgálati adatait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A kísérleti terület fontosabb talajtani adatai (Gödöllő, 2009)

Genetikai talajszintek	Mélység (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	K <sub>A</sub>	CaCO <sub>3</sub> %	Humusz %	Összes N AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)		AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Asz	0-40	6,76	30	0,00	1,32	16,8	371,1	184,0
B	40-60	7,08	40	0,00	1,04	11,9	33,0	112,0
Bt	60-70	7,66	61	0,00	0,88	12,0	123,0	127,1
C	70-100	8,10	60	5,57	0,54	16,8	107,5	110,8

Az éghajlat kontinentális típusú, jellemzőek az időjárási szélsőségek. Az évi középhőmérséklet sokéves átlaga 9,7 °C. Az átlagos csapadékmennyiség 550 mm, amelynek kétharmada a vegetációs időszakban hullik. Az éves középhőmérséklet 9,4 °C, az éves csapadékmennyiség 590 mm volt. 2009-ben átlagos mennyiségű csapadék hullott, és a legcsapadékosabb év 2010-ben (858 mm) volt. 2011-ben csak 322 mm csapadék hullott, ez rendkívül száraz év volt. 2012-es évben az átlagostól kevesebb csapadék hullott

(473 mm), míg 2013-2014-es évek átlagos csapadékmennyiségük (547mm és 526 mm) voltak, de ez a mennyiség intenzívnek és egyenetlen elosztásúnak bizonyult. 2015-ben 573 mm csapadékmennyiséget mértünk.

A kísérlet kéttényezős véletlenblokk elrendezésű három ismétlésben. A kísérletben öt különböző fűz fajtát, illetve klónt (*Sven, Inger, Tordis, Tora, Csala*), valamint négy nyárfajtát (*AF2, Pegaso, Sirio, Monsivo*) termesztettünk. Valamennyi fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági kezelést állítottunk be: 1) tápanyag nélküli, kontroll kezelés; 2) nitrogén műtrágya (ammónium-nitrát) tavasszal (50 kg/ha); 3) felszintakarás nedves szennyvíziszap komposzttal (50 t/ha). A komposzt és a műtrágya kijuttatása május elején a sorokba történt. Az alkalmazott technológia ikersoros, a sortávolság 70 cm, az ikersorok között 2,5 m távolságot hagytunk, ami a gépi munkákat könnyíti meg. A sorokon belül a dugványokat 40 cm tőtávolságra telepítettük. Dugványozás céljára 20 cm hosszúságú, egyéves, gyöker nélküli hajtásrészeket használtunk fel. A telepítés kézzel történt április közepén. A vegetációs időszak során kémiai gyomszabályozást végeztünk a sorokban, a sorközökben talajmaróval két alkalommal történt mechanikai gyomszabályozás. A kártevők és kórokozók elleni kémiai védekezésre nem volt szükség.

A talajállapot minősítését talajfizikai (talajellenállás, talajnedvesség-tartalom, térfogattömeg), talajkémiai (pH(H<sub>2</sub>O), pH(KCl), szervesanyag- tartalom) és talajbiológiai (földigiliszta egyedszám, biomassza és morfortípus) paraméterek mérésével végeztük el.

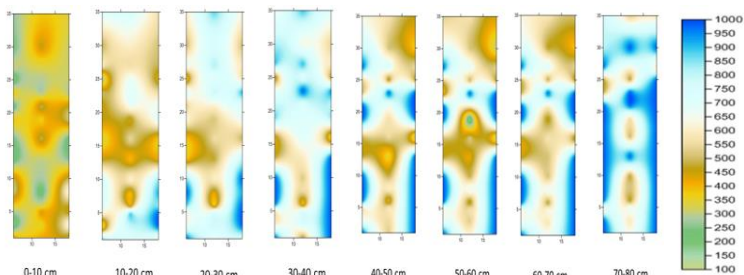
Az energiaültetvényben mindkét fajból kiválasztottuk az eddigi (2007-2014) adatok alapján a leggyorsabban növekvő fajtákat. Fűz esetén a legjobb növekedési erélyelbíró svéd nemesítésű *Inger*-t választottuk, míg a nyár esetében a *Sirio*-t. Egy mintavételi időpontban a különböző tápanyag-kezeléseknek megfelelően két helyen vettünk mintát két ismétlésben az ikersorok között. A mintavétel a téglalap alakú parcellák átlói mentén 9 mintavételi pontban történt, két mélységben: 0-15 cm és 15-30 cm-en. Az azonos mélységből begyűjtött talajminták összekeverésével átlagmintákat képeztünk, s a laboratóriumi vizsgálatokat elvégeztük.

A földigiliszta egyedek talajból történő kinyerése alapvetően két eljárással történhet (ISO 23611-1:2006). Az egyik az úgynevezett kézi válogatás (BRETSCHER 1896), a másik módszer valamilyen oldat segítségével újí ki az egyedeket a talajból. Mi a kézi válogatás módszerét alkalmaztuk a földigiliszták megmintázására. A mintázási pontokon először eltávolítottuk a talaj felszínét borító növényzetet és növényi maradványokat. Ezután kimértük a 25 x 25 cm méretű mintagödrök helyét, majd ásóval 25 cm mélységű talajmintát vettünk, amit az előkészített PVC zsákra tettünk. A PVC zsákon lévő talajt kézzel gondosan átmorzsoltuk és belőle minden földigilisztát kiszedtünk. A műanyag edénybe (250-500 ml) kezelésként külön gyűjtött egyedeket alkoholban (70%-os etanol) öltük meg, s 4%-os formalinban fixáltuk, majd laboratóriumba szállítottuk, ahol az egyedeket méret szerint osztályoztuk és lemértük a tömegüket (biomassza). Végül az ismert területről begyűjtött egyedeket 1 m<sup>2</sup> területre vonatkoztattuk.

## Növény táplálási kísérletek talajtani vizsgálata kedvezőtlen termőhelyen létesített fás szárú energetikai ültetvényben

### Eredmények és értékelésük

A talajművelési gyakorlatban talajjellenállást a talajállapot megállapítására használják (BIRKÁS, 2009). Ennek oka egyrészt a mérés gyors kivitelezhetősége, másrészt segítségével jól meg lehet becsülni a talaj aktuális fizikai állapotát, valamint a lazító művelés szükségességét (MURER et al., 1991).



**1. ábra. Penetrációs vizsgálat eredményei Surfer 10 geoinformatikai programmal ábrázolva (kilopond/cm<sup>2</sup>) (Gödöllő, 2016)**

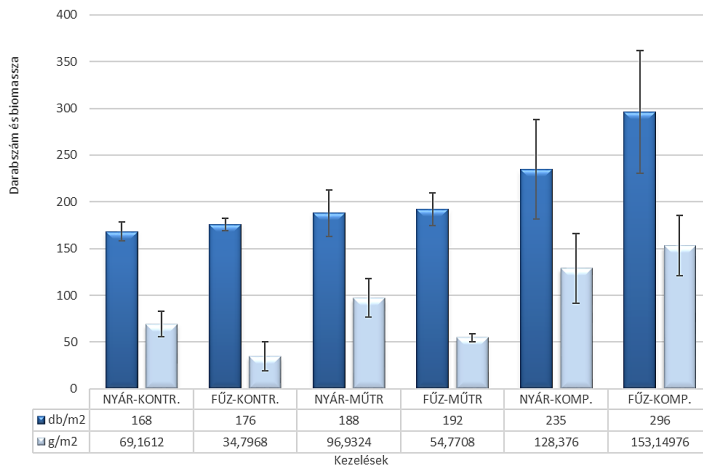
A penetrációs vizsgálatok adatai alapján elmondhatjuk (1. ábra), hogy felső 10 cm-ben 100-350 kilopond/cm<sup>2</sup> közötti értékeket kaptunk, ami azt jelenti, hogy a talaj legfelső része laza szerkezetű, jó levegő-, és vízgazdálkodású, nem tömör rétegű. A 20-30 cm-es rétegben már magasabb értékeket mértünk és a terület szélső részeinél 650-800 kilopond/cm<sup>2</sup> közötti értékeket is mértünk, ami már tömör, kötött rétegre utal. Ebben a rétegben nagy valószínűséggel eketalp réteg képződött, mert az ez alatt lévő 40-50 cm-es illetve az 50-60 cm-es mélységben 200-450 kilopond/cm<sup>2</sup> közötti méréseket kaptunk, főleg a kísérleti terület középső és keleti sarkában. Az általunk vizsgált legmélyebb rétegben (70-80 cm) erősen tömör réteget találhatunk (900-1000 kilopond/cm<sup>2</sup>), ami főképp a terület szélső részénél mértünk.

**2. táblázat. Talajok vizes és kálium-kloridos pH értékének meghatározása potenciometriásan (Gödöllő, 2015)**

Mélység (cm)	Fajta	Kezelés	Átlag pH (H <sub>2</sub> O)	Átlag pH (KCl)
0-15	FŰZ-INGER	Műtrágya	6,8	5,9
		Kontroll	6,7	5,8
		Komposzt	7,2	6,7
	NYÁR-SIRIO	Műtrágya	6,7	5,9
		Kontroll	7,0	6,0
		Komposzt	7,2	6,6
15-30	FŰZ-INGER	Műtrágya	6,9	6,0
		Kontroll	6,8	6,0
		Komposzt	7,0	6,4
	NYÁR-SIRIO	Műtrágya	6,6	5,6
		Kontroll	6,8	6,0
		Komposzt	7,2	6,7

A talajminták pH értékének meghatározását potenciometriásan, vizes-, és kálium-kloridos vizsgálattal végeztük, melynek eredményeit a 2. táblázat foglalja össze. Az átlagos pH értékek kálium-kloridos vizsgálat esetén 5,6 és 6,7 között változott, ezáltal megállapítható, hogy enyhén savanyú talajú a kísérlet területe. A különböző tápanyagellátottság szempontjából a talaj pH-ja a komposzttal borított részen volt a legmagasabb, a fűz és a nyár esetében is. Az ammónium-nitráttal kezelt területen vett talajminták kémhatása enyhén savas (5,6; 5,9). A vizsgált terület felső rétegéből (0-15-cm) vett minták kémhatása és a mélyebb rétegből vett mintáké hasonló értékeket mutatnak.

Az energetikai ültetvény területén, a földigiliszta egyedszám és biomassza összehasonlításakor a lentieket tapasztaltuk. A 2015 tavaszi, illetve őszi mintavételek 1 m<sup>2</sup>-re vetített átlag egyedszámát és biomasszatömegét a 2. és a 3. ábra mutatja.

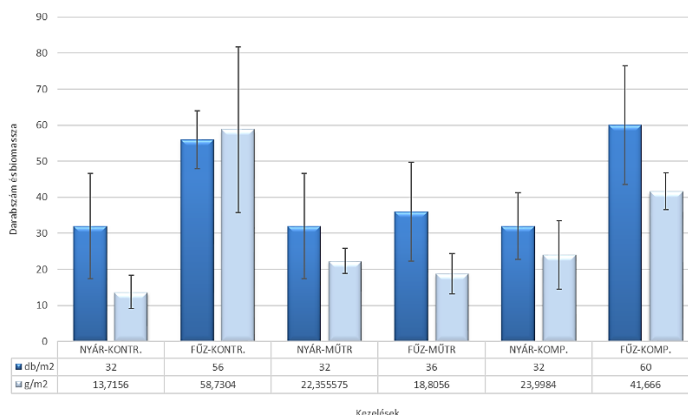


**2. ábra. Földigiliszták átlag biomassza tömege (g) és egyedszám (db) 1m<sup>2</sup>-re vetítve (Gödöllő, 2015 tavasz)**

Az ábrákon látható, hogy a tavaszi mintavétel során sokkal több földigiliszta egyedszámot mértünk, mint az őszi mintavétel során, ennek oka a vizsgálati év rendkívül száraz nyara volt. Az ábra jól mutatja, hogy a tavaszi időpontban vett minták közül a komposzttal kezelt terület átlag földigiliszta egyedszáma (235 db/m<sup>2</sup>, 296 db/m<sup>2</sup>), illetve átlag biomassza tömege (128,4 g/m<sup>2</sup>, 153,1 g/m<sup>2</sup>) volt a legmagasabb. Ennek az lehet az oka, hogy a komposzttal kezelt részen, nedvesebb és szervesanyagban gazdagabb a talaj, illetve az ültetvény sorai között a bolygatatlan terület kiváló élőhelyet biztosít a földigiliszta populációk számára. Az ősszel mért adatok esetében is a komposzttal kezelt területen mértük a legmagasabb értékeket (60 db/m<sup>2</sup>, 41,7 g/m<sup>2</sup>). Az őszi mintázás esetében mind a földigiliszta darabszám, mind a biomassza értékek hasonló eredményt mutattak a műtrágyás illetve a kontroll területen.

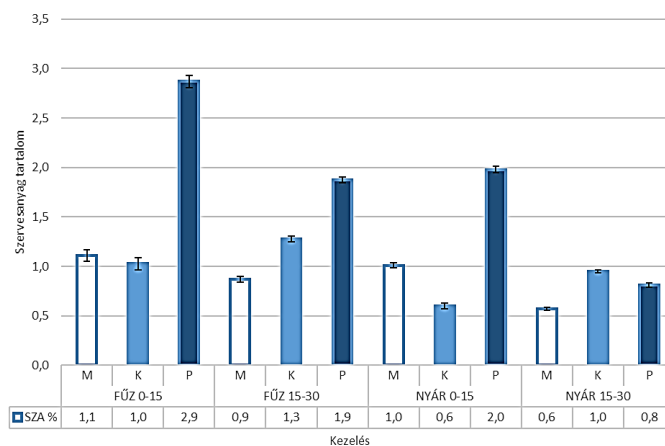


## Növénytáplálási kísérletek talajtani vizsgálata kedvezőtlen termőhelyen létesített fás szárú energetikai ültetvényben



**3. ábra. Földigiliszták átlag biomassza tömege (g) és egyedszám (db) 1m<sup>2</sup>-re vetítve (Gödöllő, 2015 őszi)**

A szerves anyag mennyiségét WALKLEY & BLACK (1934) módszerével határoztuk meg (4. ábra). A minták légszáraz és abszolút száraz (105 °C) nedvességtartalmát tömegméréssel határoztuk meg (BUZÁS, 1988).



**4. ábra. A talajminták szervesanyag-tartalma (Gödöllő, 2014)**

A talajminták szervesanyag tartalma esetében megállapíthatjuk, hogy a legmagasabb értékeket a kísérleti terület szennyvíziszap komposztal borított részéből vett minták esetében mértük. A talaj felső rétegében 0-15 cm-es mélységében volt a legmagasabb a szervesanyag-tartalom: 2,9%. A legalacsonyabb értéket a nyárasban, műtrágyás kezelés esetén, 15-30 cm-es mélységben mértük, mely mindösszesen csupán 0,6% volt.

Megállapítható, hogy a komposztal kezelt területen mért magasabb szervesanyag-tartalom mellett mértük a legmagasabb földigiliszták egyedszámát és biomassza mennyiségét egyaránt. A komposztal kezelt területen tapasztalható nagyobb földigiliszták aktivitás okai, hogy a talajfelszínen hagyott jelentős mennyiségű növényi maradvány megőrzi a nedvességet (nedvességmegőrző) és egyben növeli a talaj szervesanyag-készletét (4. ábra). A földigiliszták számára elegendő táplálékforrás és a minimális bolygatás eredménye a zavartalan élettér és a horizontális, illetve vertikális járatrendszer kialakulása.

A földigiliszták keverő és járatrendszer készítő tevékenységének köszönhetően a pórusrendszer fejlett és a talaj erősen szerkezetes kitűnően morzsás szerkezetű.

### **Következtetések**

A kedvezőtlen, növénytermesztés számára más módon gazdaságosan nem hasznosítható termőhelyek többsége alkalmas energetikai faültetvények telepítésére. A beruházás költséges, ezért lényeges, hogy minden termőhelyre az adott viszonyok között legnagyobb produktummal rendelkező faj, illetve fajta kerüljön.

A talajellenállás értéke az energetikai faültetvény kísérletben meghaladta a hagyományos forgatásos és forgatás nélküli művelésben mért szintet, azonban ezek az értékek a több nemzetközi közleményben korábban leírt eredményeket erősítik meg, amelyek alapján középtávon fás szárú energiaültetvényekben a fizikai és biológiai talajállapot javulása érhető el.

Magyarországon több százezer tonna mennyiségben képződik szennyvíziszap, amely komposztálva az energianövények tápanyag-visszapótlására használható fel. A komposzttal kezelt parcellákon bizonyítottuk, hogy a talaj nedvességvesztés csökkenése érhető el, ami segíti a növényeket az esetleges szárazabb periódusok átvészelésében, továbbá megőrzi vagy javítja a talaj kedvező fizikai, biológiai állapotát, amit a földigiliszta átlagos egyedszámának és biomassza tömegének értékei, valamint ezen területek szervesanyag-tartalma is alátámasztott.

### **Irodalomjegyzék**

BAI A., LACKNER Z., MAROSVÖLGYI B. & NÁBRÁDI A. (2008): A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó. Budapest.

BARKÓCZY ZS., CSERNYI R. & IVELICS R. (2007): Energetikai faültetvények tervezése és kivitelezése. Kézirat. Sopron.

BIRKÁS M., JOLÁNKAI M., GYURICZA C. & PERCZE A.: (2004): Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil Till. Res. Special Issue "Soil Quality as an Indicator of Sustainable Tillage Practices"* (ed. KARLEN, D.L.) 78.2. 185-196.

BIRKÁS M., STINGLI A., FARKAS CS. & BOTTLIK, L. (2009): Összefüggés a művelés eredetű tömörödés és a klímakárok között. *Növénytermelés* 58. 3. 5-26.

BLASKÓ L. (2008): Energianövények termesztése, termőhelyi alkalmasság, felhasználhatóság. In: *Megújuló Mezőgazdaság. Tanulmányok a zöldenergia termeléséről és hasznosításáról gondolkodóknak.* (Szerk.: CHLEPKÓ T.). 167-207. Magyar Katolikus Rádió, Budapest.

BRETSCHER, K. (1896): Die Oligochaeten von Zürich. *Rev. Suisse Zool.* 3, 499–532.

BUZÁS I. (1988): Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

DARÓCZI, S. (2005): Talajtömörösmérő műszer. Szarvas. Kézirat

## Növényáplálási kísérletek talajtani vizsgálatá kedvezőtlen termőhelyen létesített fás szárú energetikai ültetvényben

---

DOBÓ E., FEKETE-FARKAS M., KUMAR SINGH M. & SZÚCS, I. (2006): Ecological-economic analysis of climate change of food system and agricultural vulnerability: a brief overview. *Cereal Res. Commun.* 34.1: 777-781.

GYURICZA CS., HEGYESI J. & KOHLHEB N. (2011): Rövid vágásfordulóú fűz (*Salix* sp.) energiaültetvény természetésének tapasztalatai és életciklus-elemzésének eredményei. *Növénytermelés*, (60.2) 45-66.

GYURICZA CS., NAGY L., UJJ.A., MIKÓ P., & ALEXA, L., (2008): The impact of composts on the heavy metal content of the soil and plants in energy willow plantations (*Salix* sp.). *Cereal Research Communications.* (36) 279–282.

GYURICZA, CS. (2007): Cultivating woody energy crops for energetic purposes. *Biowaste.* 2. 4. 25-32

HELLER M.C., KEOLEIAN G.A. & VOLK, T.A. (2003): Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomass and Bioenergy* 25: 147-165.

IVELICS R.: 2006. Minirotációs energetikai faültetvények természetés-technológiájának és hasznosításának fejlesztése. Kézirat. Sopron.

JÓZEFACIUK G., MURÁNYI A., SZATANIK-KLOC A., FARKAS CS. & GYURICZA CS. (2001): Changes of surface, fine pore and variable charge properties of a brown forest soil under various tillage practices. *Soil Till. Res.* 1573, 1-9.

LAUREYSENS I., BOGAERT J., BLUST R. & CEULEMANS R. (2004): Biomass production of 17 poplar clones in a short rotation coppice culture on a waste disposal site and its relation to soil characteristics. *Foresyt Ecology and Management.* 187. 295-309

LEE, K.E. (1985): Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. Academic Press, Sydney. pp 411

LIEBHARD, P. (2009): Energetikai faültetvények. Cser Kiadó. Budapest.

MURER H., WERNER A., RESHKIN S., WUARIN F. & BIBER J. (1991): Cellular mechanisms in proximal tubular reabsorption of inorganic phosphate. *American Journal of Physiology* 260, C885–889.

RÉNES J. (2008): A rövid vágásfordulóú fás szárú energiaültetvények klímavédelmi és gazdasági jelentősége. *Bioenergia* (3) p. 24-28.

SATCHELL, J.E. (1983): Earthworm microbiology. In: Satchell, J.E. (ed). *Earthworm Ecology: from Darwin to Vermiculture.* Chapman and Hall, London. pp 351-365.

SIMON L., SZABÓ B., VARGA CS., URI ZS., BÁNYÁCSKI S. & BALÁZSY S. (2010): Energianövények hozamának és toxikus-elem felvételének vizsgálata. In: Farsang A. – Ladányi Zs. (szerk.). *Talajvédelem (különszám).* 421-430.

SZABÓ M. & BARÓTFI I., (2009): Energianövények környezetvédelmi szempontból. <http://www.e-gepesz.hu/?action=show&id=246>

TAMÁS R. (1997): A felszabaduló mezőgazdasági területek racionális hasznosítási lehetőségei. Kézirat

WALKLEY, A. & BLACK, I. A., (1934): An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science*. 63. 251–263.

## A homoktalaj oldható tápelemtartalmának változása egy mikrobiológiai oltóanyag és különböző szerves anyagok alkalmazásakor

*Balláné Kovács Andrea<sup>1</sup>, Kremper Rita<sup>1</sup>, Kincses Sándorné<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen  
E-mail: kovacs@agr.unideb.hu*

### Összefoglalás

Tenyészedényes kísérletben vizsgáltuk a kereskedelmi forgalomban is kapható EM-1 mikrobiológiai készítmény, a karbamid, a búzaszalma, az ételhulladék komposzt és a mésztrágya hatásait a humuszos homoktalaj oldható tápanyag-tartalmának változására. A kezelésként három ismétlésben beállított kísérletben a következő kezeléseket alkalmaztuk: 1: kontroll, 2: karbamid, 3: búzaszalma, 4: ételhulladék komposzt, 5: CaCO<sub>3</sub>, 6: EM-1 talajoltó anyag, 7: karbamid+EM-1, 8: búzaszalma+EM-1, 9: ételhulladék komposzt+EM-1, 10: CaCO<sub>3</sub>+EM-1. A komposzttal kezelt edényekben a talaj 0,01 M CaCl<sub>2</sub> oldható NO<sub>3</sub>-N, összes-N, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, AL-K<sub>2</sub>O, Al-Mg és AL-Ca mennyisége is emelkedett. A szalma talajba keverésével a 0,01 M CaCl<sub>2</sub> oldható Mn, Zn, valamint az AL-K<sub>2</sub>O, AL-Ca és AL-Mg mennyiségének növekedését tudtuk igazolni. Eredményeink szerint a szalma és a komposzt a kísérlet végén is igazolható mennyiségű tápanyagot szolgáltatott. A karbamiddal kezelt edényekben a nagyobb termés és az ezzel járó fokozottabb növényi tápanyagfelvétel következtében a nem pótolta tápanyagok mennyisége jelentősen csökkent a talajban. Ugyanakkor, mivel a karbamid hatására csökkent a talaj pH-ja, ezzel párhuzamosan a mangán oldhatósága javult. A mésztrágyázás következtében a talaj pH-ja emelkedett, így a mangán és cink oldhatósága csökkent. A talajoltás a mért tápelemek közül az AL-K<sub>2</sub>O mennyiségét befolyásolta kedvezően. A mikrobiológiai oltóanyag szerves anyagokkal történő együttes kijuttatása (EM-1+szalma és EM-1+komposzt) kedvezett a baktériumok szaporodásának, amit a kombinált kezeléseknél megfigyeltünk könnyen oldható és mineralizálható nitrogénfrakció (0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható összes-N) jelzett.

### Abstract

A greenhouse pot experiment was set up on a humic sandy soil to investigate the effects of EM-1 microbial inoculant, urea, wheat straw, food waste compost and lime on the changes of available nutrients of the soil. The experiment was set up with ten treatments (1: control, 2: urea, 3: wheat straw, 4: food waste compost, 5: CaCO<sub>3</sub>, 6: EM-1 microbial inoculant 7: urea+EM-1, 8: wheat straw+EM-1, 9: food waste compost+EM-1, 10: CaCO<sub>3</sub>+EM-1) and each treatments with three replicates. We measured significantly higher 0,01 M CaCl<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub>-N, CaCl<sub>2</sub>-total-N, AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, AL-K<sub>2</sub>O, Al-Mg and AL-Ca in soils treated with food waste compost, and higher CaCl<sub>2</sub>-Mn, CaCl<sub>2</sub>-Zn, AL-K<sub>2</sub>O, AL-Ca and AL-Mg in the pots treated with wheat straw. Both organic materials supplied higher amount of plant nutrients compared to control. In the pots treated with urea the higher nutrient uptake by plants resulted higher yield and decreased soluble nutrients in soil by the end of growing season. Urea decreased soil pH and increased the solubility of manganese. Lime caused the opposite effects, increased the soil pH and decreased the solubility of micronutrients. EM-1 enhanced the AL-K<sub>2</sub>O values of soil compared to the control value. We measured significantly enhanced CaCl<sub>2</sub> soluble total nitrogen value in the EM-1+wheat straw and EM-1+compost combined treatments compared

to values without inoculation which means that the organic materials provided good conditions for bacteria to multiply.

### Bevezetés

A homoktalajok ásványi és szerves kolloidtartalma igen csekély, aminek következtében a termékenységük is meglehetősen alacsony (VÁRALLYAY, 1984). A mezőgazdasági termelés intenzívebbé válásával a termőterület termékenysége csökken, romlik a talaj szerkezetessége, hanyatlík a biológiai tevékenysége (SCHMIDT & SZAKÁL, 1998; BIRÓ, 2002). A homoktalajok termékenységének javítására különböző szerves anyagok kijuttatásával, a szerves és szervesetlen kolloidtartalom növelésével nyílt lehetőségek (SZABOLCS & VÁRALLYAY, 1978). A szerves trágyázással a növények tápanyagigényének kielégítésén túl a közvetlen, ill. közvetett hatásokon keresztül javulhat a talaj szerkezete, víz-, hő-, tápanyag-gazdálkodása, növekedhet a kolloidtartalma, fokozódhat a talaj mikrobiológiai aktivitása (STINNER & HOUSE, 1987).

Az utóbbi években a hazai és uniós szabályozás jelentősen korlátozza a biológiailag lebomló szerves hulladékok deponálását (WILLIAMS, 2005). Ezért ezen szabályozások figyelembevételével a különböző eredetű szerves hulladékokat célszerű komposztálni és a mezőgazdaságban felhasználni (HUNYADI et al., 2008). A komposztok mezőgazdasági hasznosítása régi alternatív módszer a talajok termékenységének fokozására, tápanyagszolgáltató képességének növelésére (PETRÓCZKI & KÉSMÁRKI, 2003). A komposztkészítés alapanyagait az éttermi, konyhai hulladékok is képezhetik. Az élelmiszerhulladék komposzt előnye más típusú komposztokhoz képest, hogy az eredete miatt a kedvező tápanyagtartalma mellett jóval alacsonyabb a nehézfém-tartalma (YANG et al., 1988.). A különböző eredetű komposztok talajra, növényekre gyakorolt hatásáról számos publikációban olvashatunk (sertétrágya komposzt: WEON et al., 1999; szennyvíziszap komposzt: AGGLIDES & LONDRA, 2000), ugyanakkor az élelmiszerhulladék komposzt mezőgazdasági hasznosításának vizsgálatáról kevés hazai (BALLÁNÉ et al., 2015) forrást találunk.

Az intenzív mezőgazdasági termelés, a kemikáliák nagymértékű használata következtében a talajtermékenység romlásának további oka lehet, hogy csökkenhet a talajok mikrobiológiai aktivitása. Ennek megakadályozására számos országban új és egyre terjedő gyakorlatnak számít a különféle mikrobiológiai készítmények alkalmazása (RODRIGUEZ & FRAGA, 1999; HIGA, 1994). Egyre nagyobb számban jelennek meg a kereskedelmi forgalomban talajoltó készítmények, melyek eltérő összetételűek, de a legtöbb termékben megtalálhatóak a nitrogénkötő, foszfor oldhatóságot segítő baktériumok, míg egyes termékekben cellulózbontó szervezetek is vannak (ELKOCA et al., 2008; SZEGI, 1967). A biotrágyák nagy száma ellenére kevés a hazai szakirodalomban fellelhető, e témával foglalkozó tudományos közlemény (HEGEDUS et al., 2008; MAKÁDI et al., 2007). Keveset tudunk e készítmények talajra, különböző növényfajokra kifejtett hatásairól, nem ismerjük pontosan a különböző eredetű szerves trágyával, műtrágyával kombináltan kijuttatva a talaj felvehető tápanyagtartalmára, a növények termésére, tápanyagfelvételére gyakorolt hatásait.

A tenyészedényes kísérlet megvalósításakor célunk volt annak vizsgálata, hogy a homoktalajon alkalmazott, kereskedelmi forgalomban is kapható EM-1 mikrobiológiai készítmény hogyan befolyásolja a homoktalaj 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható nitrogénformáinak és az AL oldható tápelemeinek mennyiségét. Vizsgálataink kiterjedtek továbbá egyéb trágyaszerek, mint karbamid, búzaszalma, ételhulladék komposzt és mészt trágya hatásainak vizsgálatára is. Célunk volt továbbá annak elemzése, hogy az EM-1 mikrobiológiai oltóanyag befolyásolja-e a különböző szerves anyagok (karbamid, búzaszalma, ételhulladék komposzt) lebomlását, hatásait. Mivel a vizsgált talaj erősen savanyú kémhatású (pH(KCl): 4,41) humuszos

## A homoktalaj oldható tápelemtartalmának változása egy mikrobiológiai oltóanyag és különböző szerves anyagok alkalmazásakor

homoktalaj volt, célunk volt azt is tanulmányozni, hogy a mésztrágyázás következtében bekövetkező kémhatás változás befolyásolja-e a talajoltás hatását.

### Anyag és módszer

A tenyészedényes kísérletet a Debreceni Egyetem Agrokémiai és Talajtani Intézetének tenyészedényházában állítottuk be, Debrecen, Pallag környékéről származó humuszos homoktalajon. A talaj főbb tulajdonságait az 1. táblázatban tüntettük fel.

1. táblázat: A kísérleti talaj néhány jellemző adata

	Humuszos homoktalaj (Pallag)
pH (KCl)	4,41
K <sub>A</sub>	26
Hu%	0,67
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	190,6
AL-K <sub>2</sub> O (mg kg <sup>-1</sup> )	217,2

A mért adatok alapján a homoktalaj foszfor- és káliumellátottsága jó volt. A légszáraz talajból 11 kg-ot mértünk be a tenyészedényekbe. Az edényeket az erre a célra készített kocsikon helyeztük el és nappal a szabadban, éjjel és eső esetén tető alatt tartottuk. A talaj vízellátását a szabadföldi vízkapacitás 60%-ára állítottuk be. A párolgás, ill. a növények vízfelvétele következtében keletkező vízhiányt naponta, melegebb napokon naponta kétszer pótoltuk ioncserélt vízzel. A kísérletben tíz kezelést állítottunk be, kezelésként 3 ismétlésben. A kísérlet kezelési terve és a talajba kevert anyagok mennyiségei a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat: A kísérlet kezelési terve

	kezelés	dózis
kezelés	kontroll	-
kezelés	karbamid	263 kg N /ha
kezelés	búzaszalma	4,5t/ha
kezelés	ételhulladék komposzt	13t/ha
kezelés.	CaCO <sub>3</sub>	2t/ha
kezelés	EM-1	2*30 dm <sup>3</sup> /ha
kezelés	EM-1+karbamid	2*30 dm <sup>3</sup> /ha+263kg/ha
kezelés	EM-1+búzaszalma	2*30 dm <sup>3</sup> /ha+4,5t/ha
kezelés	EM-1+komposzt	2*30 dm <sup>3</sup> /ha+13t/ha
kezelés	EM-1+CaCO <sub>3</sub>	2*30 dm <sup>3</sup> /ha+2t/ha

A 6. kezelésben alkalmazott EM-1 készítmény kereskedelmi forgalomban is kapható termék, amely számos baktériumot és gombát tartalmaz (*Rhodopseudomonas sphaeroides*, *Lactobacillus plantarum*, *Propinebacterium freudenreichii*, *Streptococcus lactis*,

*Streptomyces albus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*, *Candida utilis*.). A folyékony mikrobiológiai oltóanyagból 100-szoros hígítást készítettünk, majd edényenként 10 ml-t kevertünk el alaposan a talajjal. A talajoltást követő 5 hét múlva megismételtük a hasonló mennyiségű kijuttatást. Ekkor már nem a talajba kevertük az oltóanyagot, hanem a talaj tetejére permeteztük, majd 200 ml ioncserélt vízzel bemostuk.

A 7, 8, 9 és 10 kezelésekben a talajoltást minden esetben a fent leírt módon valósítottuk meg. A 2. és 7. kezelésekben karbamid műtrágyát alkalmaztunk önmagában és az EM-1 baktériumtrágyával kombinálva. Edényenként 2,15g karbamidot kevertünk oldat formájában a talajhoz, ami 1g N/11kg talaj dózisnak felelt meg. A karbamid adagját a gyenge ellátottságú homoktalajon 11t/ha babtermést feltételezve és 22 kg/t nitrogénfajlagos értékre számoltuk.

A 3. és 8. kezelésekben aprított (kb: 3 cm-es) búzaszalmát kevertünk a talajhoz 15 g/11 kg talaj (4,5 t/ha) mennyiségben. Az adag megállapításánál azt vettük figyelembe, hogy 4-5 t/ha búza termesztésekor ugyanennyi szalma keletkezésével lehet számolni.

A komposztos kezelésekben (4. és 9. kezelések) edényenként 50 g érett ételhulladék komposztot kevertünk a talajba, ami 13 t/ha kijuttatásnak felelt meg. Ez az adag, nitrogén forrásként tekintve, ugyanannyi nitrogént tartalmazott, mint a karbamid műtrágya, vagyis edényenként 1g-ot. Az ételhulladék komposzt éttermekből összegyűjtött konyhai hulladékokból, nyitott prizmás komposztálással lett előállítva. A szerves hulladékot faforgáccsal keverték össze, majd az elegyet 90 napig komposztálták. A komposzt és a búzaszalma néhány jellemző adata a 3. táblázatban látható.

**3. táblázat: A búzaszalma és az ételhulladék komposzt főbb jellemzői**

	C/N	N%	P%	K%
búzaszalma	93	0,44	0,110	0,608
ételhulladék komposzt	16	1,99	0,288	0,854

Az 5. és 10. kezelésekben 6,67g/11kg talaj CaCO<sub>3</sub>-ot kevertünk a talajba, ami 2t/ha dózisnak felelt meg. Jelzőnövényként „Sonesta” típusú sárgahüvelyű bokorbabot (*Phaseolus vulgaris* L.) termesztettünk edényenként öt növényt. Jelen dolgozatban a termés betakarítását követően a talajban a kezelések hatására mérhető felvehető tápelemtartalom változásokat mutatjuk be. A tenyészidő végén minden edényből talajmintát gyűjtöttünk. 0,01 M CaCl<sub>2</sub> (HOUBA et al., 1991) és AL kivonószerekkel talajkivonatokat készítettünk. A talaj 0,01 M CaCl<sub>2</sub> oldható N frakcióinak változásait folyamatosan elemző contiflow rendszer segítségével követtük nyomon. Az AL oldható káliumtartalmat emissziós lángfotométerrel, az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> értékét spektrofotometriás úton, a 0,01 M CaCl<sub>2</sub> oldható Mn és Zn, valamint az AL-Ca és AL-Mg mennyiségét atomabszorpciós spektrofotometriás módszerrel határoztuk meg.

A kezelések közötti statisztikailag igazolható eltérések kiszámításához egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk, átlagértékeket és 95%-os valószínűségű szignifikáns differenciát határoztunk meg.



## A homoktalaj oldható tápelemtartalmának változása egy mikrobiológiai oltóanyag és különböző szerves anyagok alkalmazásakor

### Eredmények és értékelésük

*A talaj AL oldható tápelemtartalmának változása a kezelések függvényében*

A tenyészidő végén AL talajkivonatokban mértük az oldható tápelemek kezelésekre hatására bekövetkező változásait. A talajkivonatokban ekkor mérhető tápelem koncentrációk a bab növekedése utáni, tenyészidő végén mérhető tápanyagszolgáltató képességét jellemezte a talajnak (4. táblázat).

4. táblázat A talaj AL oldható tápelemtartalmának változása a kezelések hatására

kezelés	EM-1		kezelés	EM-1	
	0	2*30 (dm <sup>3</sup> /ha)		0	2*30 (dm <sup>3</sup> /ha)
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)			AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)		
kontroll	199,1 b	199,3 b	kontroll	221,5 b	242,5 c
karbamid	183,1 a	187,4 a	karbamid	167,0 a	161,0 a
szalma	200,3 b	198,5 b	szalma	252,7 c	244,0 c
komposzt	210,0 c	211,2 c	komposzt	210,6 b	219,3 b
CaCO <sub>3</sub>	200,0 b	210,9 c	CaCO <sub>3</sub>	213,5 b	215,2 b
AL-Ca (mg/kg)			AL-Mg (mg/kg)		
kontroll	310,7 b	306,6 b	kontroll	23,87 b	23,33 b
karbamid	280,0 a	312,7 b	karbamid	17,33 a	24,07 b
szalma	332,0 bc	322,0 b	szalma	27,07 c	24,67 bc
komposzt	371,3 d	370,3 d	komposzt	32,27 d	33,40 d
CaCO <sub>3</sub>	524,0 e	512,0 e	CaCO <sub>3</sub>	23,47 b	22,93 b

Az ételhulladék komposzt növelte meg legnagyobb mértékben a talaj AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, AL-Ca és AL-Mg értékeit, ami a komposzt jó foszfor-, kalcium- és magnéziumszolgáltató képességét igazolja. Az ételhulladék komposzt baktériumkészítménnyel történő kiegészítése nem módosította az AL- kivonatok tápelemtartalmát.

A szalma talajba keverésekor az AL-K<sub>2</sub>O, AL-Ca és AL-Mg mennyisége növekedett számottevően, ami a búzaszalma jelentősebb kálium és jó kalcium-, magnéziumszolgáltató képességét igazolja. A szalma baktériumtrágyás kiegészítése a talaj AL oldható tápanyagainak mennyiségét nem befolyásolta jelentős mértékben.

A kontrollhoz képest az EM-1 készítmény hatására az AL-K<sub>2</sub>O mennyisége igazolhatóan növekedett, ugyanakkor a többi tápelem mennyisége nem változott.

A karbamiddal kezelt edényekben a kísérlet végére valamennyi AL oldható tápelem mennyisége kisebbé vált a kontroll értékeihez képest. A jelentős csökkenés azzal magyarázható, hogy ezekben az edényekben volt legnagyobb termés, amely nagyobb növény általi tápelemfelvétellel járt. A karbamid EM-1-el történő kiegészítése nem befolyásolta az

AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és AL-K<sub>2</sub>O mennyiségét, azonban a kombinált kezelésű edényekben rendre nagyobb AL-Ca és AL-Mg-ot mértünk a csak karbamiddal kezelt talaj értékeihez képest.

A meszezés hatására a vártak megfelelően jelentősen megnövekedett az AL-Ca mennyisége, nem változtak azonban a kontrollhoz képest az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, AL-K<sub>2</sub>O, AL-Mg értékek, A mésztrágya+EM-1 kombinált kezelésben az AL-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> növekedését igazoltuk a csak mésztrágyás és a csak oltott kezelések értékeihez képest.

*A talaj 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható tápelemtartalmának változása a kezelések hatására*

A talaj tenyésztő végén mérhető 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható NO<sub>3</sub>-N, összes-N, Mn- és Zn, valamint CaCl<sub>2</sub>-pH értékének változásait a 5. táblázatban foglaltuk össze.

**5. táblázat A talaj 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható tápelemtartalmának és CaCl<sub>2</sub>-pH értékének változása a kezelések hatására**

kezelés	EM-1		kezelés	EM-1		
	0	2*30 (dm <sup>3</sup> /ha)		0	2*30 (dm <sup>3</sup> /ha)	
<i>CaCl<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub>-N (mg/kg)</i>			<i>CaCl<sub>2</sub>-összes N (mg/kg)</i>			
kontroll	0,157 a	0,227 a	kontroll	4,42 a	4,84 a	
karbamid	0,577 c	0,587 c	karbamid	6,43 c	6,42 c	
szalma	0,190 a	0,297 b	szalma	5,08 a	5,34 b	
komposzt	0,260 ab	0,283 b	komposzt	5,01 a	5,44 b	
CaCO <sub>3</sub>	0,183 a	0,237 a	CaCO <sub>3</sub>	4,93 a	4,79 a	
<i>CaCl<sub>2</sub>-Mn (mg/kg)</i>			<i>CaCl<sub>2</sub>-Zn (mg/kg)</i>			
kontroll	15,55 b	17,61 bc	kontroll	1,23 b	1,52 bc	
karbamid	23,47 d	20,87 d	karbamid	1,14 b	1,06 b	
szalma	16,48 b	15,88 b	szalma	1,54 bc	1,67 c	
komposzt	15,20 b	17,77 bc	komposzt	1,00 b	0,92 b	
CaCO <sub>3</sub>	9,36 a	9,20 a	CaCO <sub>3</sub>	0,38 a	0,40 a	
<i>CaCl<sub>2</sub>-pH</i>						
<i>kezelés</i>			<i>EM-1</i>			
			0		2*30 (dm <sup>3</sup> /ha)	
kontroll			4,25 b		4,37 b	
karbamid			4,13 a		4,11 a	
szalma			4,30 b		4,30 b	
komposzt			4,36 b		4,35 b	
CaCO <sub>3</sub>			4,82 c		4,84 c	

## **A homoktalaj oldható tápelemtartalmának változása egy mikrobiológiai oltóanyag és különböző szerves anyagok alkalmazásakor**

---

A 0,01M CaCl<sub>2</sub> összes N mennyisége a NO<sub>3</sub>-N és NH<sub>4</sub>-N, valamint a könnyen oldható és mineralizálható szerves N frakció összegét jellemzi.

A talaj 0,01M CaCl<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub>-N és CaCl<sub>2</sub>-összes N mennyisége a vártnak megfelelően a karbamiddal kezelt edényekben volt a legnagyobb, de kismértékű (bár statisztikailag nem igazolható NO<sub>3</sub>-N növekedést mértünk a komposzttal kezelt edényekben is. A búzaszalmával, mésztrágyával és EM-1 baktériumtrágyával kezelt edényekben a kísérlet végén mérve nem módosultak a talaj 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható nitrogén frakciói a kontrollhoz képest. Az oltott kombinált kezelések közül a szalma+EM-1 és komposzt+EM-1 kezelésekben rendre nagyobb 0,01M CaCl<sub>2</sub>-összes-N értékeket mértünk a megfelelő, oltatlan kezelések értékeihez képest. A megemelkedett nitrogénfrakció, melyet a szalmakezelésben a kontrollhoz képest nem különböztünk meg, a komposztos kezelésben a kontrollhoz képest nagyobb termést követően igazoltunk, a talajoltás segítő hatását igazolta a szerves anyagok lebomlását, átalakulását kísérő mikrobiológiai folyamatokat illetően.

A kezelések eltérő módon és mértékben befolyásolták a talaj 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható mangán- és cinktartalmát. A talaj kémhatásának kezelése hatására bekövetkező változását az oldható mangán mennyiségének változása követte szorosabban. Míg a karbamid hatására a talaj pH értéke csökkent és a 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható mangán mennyisége növekedett, addig a mésztrágyázás következtében fellépő pH érték növekedését az oldható mangán mennyiségének csökkenése kísérte. A szalmával és komposzttal kezelt edényekben nem volt a kísérlet végén is mérhető kontrollhoz képesti módosulás. A talajoltás hatására kis mértékben növekedett az oldható mangán mennyisége. Az oltott kombinált kezelések közül komposzt+EM-1 kezelésű edényekben igazoltunk kismértékű mangánnövekedést az oltatlan komposzt kezelés értékéhez képest, mely a baktériumtrágya kedvező hatására mutatott rá.

A 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható cink értéke kevésbé változott a kezelésekre. A karbamiddal és komposzttal kezelt edényekben nem módosult az oldható cink értéke, a meszezés nagyobb mértékű pH növelő hatása azonban a cink oldhatóságát is negatívan befolyásolta. Ezzel szemben a szalmával kezelt edényekben kismértékű növekedést mértünk. A szalma+EM-1 kombinált kezelésű edényekben az oldható cink mennyisége még tovább növekedett a csak szalmakezelés értékéhez képest. E mellett az oltott edényekben is igazolhatóan nagyobb volt a cink-tartalom a kontrollhoz viszonyítva. Megállapítható, hogy a talajoltás kedvezően befolyásolta a talaj könnyen oldható mangán és cinkfrakcióinak mennyiségét. Ha a talajoltást szerves anyagokkal is kombináltuk, a mikroelemek mennyisége tovább növekedett.

### **Következtetések**

Tenyészedényes kísérletben bizonyítottuk a búzaszalma és az ételhulladék komposzt jó tápanyagszolgáltató képességét. A szerves trágyákkal kezelt edényekben a növény betakarítását követően is igazolhatóan nagyobbá vált a kontrollhoz képest az AL oldható kálium, foszfor, kalcium és magnézium mennyisége. A karbamid kezelésű edényekben a vártnak megfelelően a 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható nitrogén mennyisége nőtt, ugyanakkor a nagyobb termés fokozottabb tápelemfelvétele következtében a nem pótolta tápanyagok, mint foszfor, kálium, kalcium és magnézium mennyisége jelentősen lecsökkent a talajban a kísérlet végére. A karbamid hatására csökkent a talaj pH-ja, aminek következtében a mangán oldhatósága javult. A mésztrágyázás ellentétes változást okozott, ezekben az edényekben a Mn és Zn oldhatósága csökkent. Az EM-1 mikrobiológiai oltóanyag hatására az AL-K<sub>2</sub>O mennyisége igazolhatóan növekedett a kontrollhoz képest. Az EM-1+szalma és EM-1+komposzt kombinált kezelésű edényekben a 0,01M CaCl<sub>2</sub>-összes N mennyisége - ami a jól oldódó, könnyen mineralizálható nitrogén frakciót jelenti - nőtt az oltatlan kezelések értékeihez képest.

A megnövekedett érték azt jelezte, hogy a szerves anyagok jelenlétében a mikroorganizmusok szaporodása kedvezőbbé vált.

### Irodalomjegyzék

AGGLIDES, S. M. & LONDRA, P. A. (2000): Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technol.* 71. 253-259.

BALLÁNÉ KOVÁCS A., KINCSES S.NÉ, ERDEINÉ KREMPER R. & KRUPINCZA D. T. (2015): Az ételhulladék komposzt hatásának vizsgálata a sárgarépa (*Daucus carota* L.) termésére homoktalajon Növénytermelés. Vol. 64. 1. 5-20.

BIRÓ, B. (2002): Talaj-és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és a környezetminőség szolgálatában. *Acta Agron. Hung.* 50. 77–85.p.

ELKOCA, E., KANTAR, F., & SAHIN F., (2008): Influence of nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation, plant growth, and yield of chickpea. *Journ.of Plant Nutr.* 31. (1.) 157-171.

HEGEDUS, S., KRISTO, I., LITKEI, CS. & VOJNICH, V., (2008): Impact of bacterial fertilizer on the component of industrial poppy varieties. *Cereal Research Communication.* 36. Part 3 Suppl. 1719-1722.

HIGA, T., (1994): Effective Microorganisms; A biotechnology for mankind, P 8-14. In J.F. Parr, S.B. Hornick and C.E. Whitman(ed.) *Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming* .U.S Department of Agriculture, Washington, D.C., HOUBA V. J. G., JÁSZBERÉNYI, I., LOCH, J., (1991): Application of 0.01 M CaCl<sub>2</sub> as a single extraction solution for evaluation of the nutritional status of Hungarian soils. *Debreceni Agrátudományi Egyetem Tudományos közleményei.* 30. 85-89.

HUNYADI, G., BIRÓ, T., TAMÁS, J., MÉZES, L. & KOSÁRKÓ M. (2008): Rothasztott szennyvíziszap felhasználásával kialakított komposztreceptúrák tápanyagtartalmának vizsgálata. *Talajvédelem.* 2008. 395-402.

MAKÁDI, M., TOMÓCSI, A., OROSZ, V., LENGYEL, J., BIRÓ, B. & MÁRTON, Á., (2007): Biogázüzemi fermentlé és Phylazonit MC mikrobiológiai készítmény hatása a silókukorica zöldtömegére és a talaj biológiai aktivitására. *Agrokémia és Talajtan.* 56. 2. 367-378.

PETRÓCZKI, F. & KÉSMÁRKI I. (2003): A komposztálás jelentősége. *Acta Agronomica Óváriensis,* 45. 2. 203-213.

RODRIGUEZ, H. & FRAGA, R., (1999): Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion, *Biotechn. Advences.* 17 pp. 319–339.

SCHMIDT, R. & SZAKÁL, P. (1998): Talajsavanyodási helyzetkép és megoldások. *Pannon Agrátudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar. Mosonmagyaróvár.* 9–71.

STINNER, B.R., & HOUSE, G.J. (1987): Role of ecology in lower-input, sustainable agriculture: An introduction, *American Journal of alternative Agriculture* 2.4.146-147.

SZABOLCS I., & VÁRALLYAI GY. (1978): A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. *Agrokémia és Talajtan* 27. 1-2. 181-202.

SZEGI J., 1967. Nitrogénkötő mikroorganizmusok jelentősége a talaj termékenysége szempontjából. *Agrokémia és Talajtan.* 16. 477–486.

## **A homoktalaj oldható tápelemtartalmának változása egy mikrobiológiai oltóanyag és különböző szerves anyagok alkalmazásakor**

---

VÁRALLYAY GY. (1984): Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. *Agrokémia és Talajtan* 33. 1-2. 159-169.

WEON, H. Y., KWON, J., SUH, J. S. & CHOI, W. Y. (1999): Soil microbial flora and chemical properties as influenced by the application of pig manure compost. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 32. 76-83.

WILLIAMS, P. T. (2005): *Waste treatment and disposal*. United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd. ISBN 0-470-84912-6.

YANG, J.S., LEE, I.B., KIM, K.D., CHO, K.R. & LEE, S.E. (1988): Effect of sodium chloride containing-composts on growth Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and chemical properties of salt accumulated plastic film house soils *Kor. J. Soil Sci. Fert.*, 31 pp. 277–284.



### Fatelepítés (agrár erdészet) lehetőségei réti szolonyec típusú szikes talajokon és azok környezetében

*Blaskó Lajos<sup>1</sup> Czibalmos Róbert<sup>3</sup>, Gálya Bernadett<sup>1</sup>, Herdon Miklós<sup>2</sup>, Tamás János<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
E-mail: [blasko@agr.unideb.hu](mailto:blasko@agr.unideb.hu)*

*<sup>2</sup>Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar, <sup>3</sup>DE AKIT Karcagi Kutatóintézet*

#### Összefoglalás

A dolgozatban Karcag területén réti szolonyec talajon illetve az azzal komplexet képező réti és mélyben sós csernozjom talajokon folytatott kísérletek, illetve egy gyakorlati erdősítés agrárerdészet céljaira is hasznosítható tapasztalatait foglaljuk össze.

A Debreceni Egyetem AKIT Karcagi Kutatóintézet területén levő erdősítés kivitelezésére 1985-ben, a Karcag város külterületén megvalósított erdősítésre 2007-ben került sor. Az itt közölt talajvizsgálatokhoz szükséges mintavételezés mindkét helyszínen 2012-ben történt.

A vizsgált terület agro-ökológiai adottságait és a fák termőhely iránti igényét összevetve megállapítható, hogy sem csapadék mennyisége, sem a szikes talajon a termőréteg mélysége nem elégíti ki a fák igényét.

#### Summary

We summarized afforestation experiences in a salt affected environment. In Hungary the biggest area with limited arable land use can be found on territories with dominating salt affected soil. According to the soil survey by SZABOLCS (1971) and VÁRALLYAY et al. (1992) the salt affected soils cover about 0.6 million hectares in Hungary. About 40-50 percent of these soils have been reclaimed and used as arable land until now. The rest is pasture.

In the field of Karcag Research Institute the afforestation was carried out in 1985. On outskirts of Karcag town the afforestation was executed in 2007. The soil sampling for this study were made in 2012. The agro-ecological conditions of the study area are not appropriate for a forest. The depth of fertile topsoil is not enough for trees, neither. One of the possible means for creating deeper fertile top layer is the ridge formation.

The extinction of the smallest tree was on the ridge sections, where the salt-free top layer was deeper than 60 cm, and the sodium-carbonate containing layers were below 80 cm.

The tree production is very low on Solonetz type of salt affected soils, but the transitional soils with deeper fertile layer may be suitable for establishment of forest for energy purpose, as well.

#### Bevezetés

Hazánkban a szántó hasznosításra nem, vagy csak költséges talajjavítással alkalmassá tehető területek legnagyobb kiterjedésben a szikes talajokon fordulnak elő. A szikes talajok területe SZABOLCS (1971), valamint VÁRALLYAY (1992) adatai szerint mintegy 0,6 millió hektárra tehető. Ezek között legnagyobb arányban a réti szolonyec fordul elő, amelynek mintegy 40-50%-át javították szántó hasznosítás céljára. A fennmaradó terület nagy részét gyep fedi. A

szikes talajok hasznosítására irányuló kutatások között jelentős hagyományai vannak az erdészeti hasznosítás lehetőségeit vizsgálóknak is.

Az EU mezőgazdasági kutatásai között prioritást élvez a mezőgazdasági erdők (agroforest) különböző ökológiai körülmények közötti telepítési lehetőségeinek kutatása. Az agrár-erdészet olyan földhasználati rendszert jelent, amelyben a fákat az ugyanazon táblán folyó mezőgazdasági tevékenységgel együttesen termesztik. Az agrár-erdészeti kombinációk között szerepelők közül az erdő-legelő (Silvopasture) és fás (javított) ugar (Improved fallow) jöhet számításba.

Magyarországra vonatkozó ajánlások az agrár-erdészet céljaként a talajvédelmet, a legeltetés körülményeinek javítását, a fatermelést, az erdei termékek (gyümölcs, méz, gyógynövény stb.) előállítását fogalmazzák meg.

Az Alföld fásításának kérdése az elmúlt évszázadok során időről-időre a figyelem középpontjába kerülő területe az erdőgazdálkodásnak. A szikesek fásítását megelőző rendszeres és jól megalapozott kísérletezés gondolatát először Kaán Károly vetette fel 1920-ban. A Püspökladányi Kutató Állomás 1924-ben kezdte meg kutatásait.

A dolgozat célja volt Karcag külterületén megvalósított, korábban már külön-külön értékelt két erdőtelepítés (BLASKÓ et al., 2013, CZIMBALMOS et al, 2014), agrár-erdészet céljaira is hasznosítható tapasztalatok összefoglalása.

### Anyag és módszer

A vizsgált területen az erdőtelepítés a Püspökladányi Állomás tapasztalatainak felhasználásával és kutatóinak szaktanácsadásával történt.

Vizsgálat egyik helyszíne a Karcagi Kutatóintézet Rainer Juhászati Telepének legelőterülete, ahol réti szolonyec talajon, illetve az azzal komplexet képező réti talajon Kapocsi István és Csontos Imre vezetésével állítottak be legelő fásítási kísérletet 1989-ben összesen 15 hektáron, több fafajjal (következőkben „Legelő-fásítás”). Az erősebben szikes területeken ezüstfa (*Elaeagnus angustifolia* L.) és turkesztáni szil (*Ulmus pumila* L.) fákkal telepítettek erdősávot.

A másik vizsgálati hely Karcag város beruházásaként telepített erdő<sup>1</sup>, amely a szikes és mezőségi talajok közötti átmeneti zónában fekszik és kérges réti szolonyectól mélyben sós csernozjom talajig terjedő talajsorozatot foglal magába (a következőkben „Erdőtelepítés”).

A vizsgált területeket szemrevételezéssel a rajtuk lévő állomány fejlettsége alapján részterületekre osztottuk, ahol elvégeztük a fatérfogat becsléseket<sup>2</sup> és meghatároztuk az adott helyre jellemző talajmintavétel helyét. A vizsgált részterület térképi elhelyezkedését és

---

<sup>1</sup> Karcag város önkormányzata által telepített erdő EOY koordinátái: X: 217055.7 m, Y: 788111.2 m, a Rainer juhászati telep körüli erdős ligetek középpontjának koordinátái X: 217754.0m, Y: 792049.2 m.

<sup>2</sup> A fatérfogatbecslés menete: a terepen megmért fák átmérője, magassága és fajta alapján a Digiterra szoftver segítségével határoztuk meg a különböző fejlettségű területeken/poligonokon az összes fatérfogatot. Ehhez a számítás előtt beállítottuk, hogy mekkora területen kell megbecsülni a fatömeget, megjelöltük az átmérők lépésközét. Alapértelmezésben csupán tíz faegyed magasságát, átmérőjét kéri a szoftver fajtánként. A modul készít egy magassági görbét is, amellyel ellenőrizhetők a bevitt adatok helyessége.



## Fatelepítés (agrár erdészet) lehetőségei réti szolonyec típusú szikes talajokon és azok környezetében

mintavételi pontokat digitálisan rögzítettük a kataszteri alaptérképek felhasználásával készített, saját térképi fedvényeken.

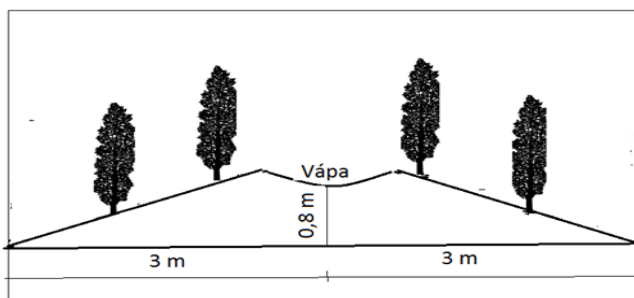
Térinformatikai módszerrel lehatároltuk az erdőterületet, illetve ligetes erdőrészeket, azokat részpoligonokra osztottuk (kézi nagy pontosságú GPS használatával és irodai utómunkákkal). Fatérfogat-becslési munka részletes leírása a munkában résztvevő hallgatók (LERCH, 2012; VERES, 2013) szakdolgozatában található.

A talajminta-vétel a Karcagi Kutatóintézet területén 1,5 m, a városi erdősítés területén 1,1 m mélységig 10 cm-es rétegenként történt. A talajvizsgálatok a szikesedés megnyilvánulásainak jellemzésére alkalmas paraméterek körére (pH, összes só, szódá, a T érték százalékában kifejezett) kicserélhető Na terjedtek ki.

Ökológiai körülmények tekintetében a Nagyalföld a Kárpát-medence legszárazabb területe. Az évi átlagos csapadék 524-585 mm, ami a fák többségének vízellátására nem elegendő.

A réti szolonyec talajok sekély A-szintje nem elégíti ki a fák gyökérzetének termőréteg iránti igényét sem. A Püspökladányban hasonló talajtani körülmények között végzett fásítás tapasztalatai (TÓTH et al., 1972) alapján a gyökerek számára kívánatos termőréteg-mélység bakhátak kialakításával teremthető meg. MAGYAR (1956) szerint ez a módszer elsősorban vízösszefutásra hajlamos foltokon, laposokon indokolt, de szárazabb területen is jobb eredményt érhető el vele, mint bármi más eljárással.

A Karcagi Kutatóintézet legelőfásítási kísérletében a bakhátak kialakítása és a fák telepítése az 1. ábrán bemutatott vázlat szerint történt. A bakháthoz szükséges földet a nyomvonal melletti területek 6-6 m-es sávjából tölték össze. Így a környező talaj A-szintjének mélységétől függően eltérő tulajdonságú bakhát szakaszok alakultak ki. A bakhát tetején kialakított vápa a természetes csapadék egy részének visszatartását és a fák eredését segítő öntözést szolgálta. A telepített állomány nagyrészt turkesztáni szil, a sáv szegélyében ezüstfa volt.



1. ábra. A karcagi legelőfásítási kísérletben kialakított bakhát vázrajza

A Karcag város beruházásaként megvalósított erdőtelepítés turkesztáni szil, magyar kőris (*Fraxinus angustifolia ssp. pannonica* Soó et Simon) és szürke nyár (*Populus x canescens* (Ait.) Sm.) fajok felhasználásával történt.

### Eredmények és értékelésük

#### A legelőt szegélyező erdősáv telepítés eredményei

Az erdősáv különböző részein sikertelen fatelepítéssel (2. ábra), közepesen fejlett és zárt állománnyal (3. ábra) jellemezhető szakaszokat különítettünk el.

Az erősebben szikes részeken csak néhány túlélő Turkesztáni szil (*Ulmus pumila*) és Ezüstfa (*Eleagnus angustifolia* L.) maradt fenn (2. ábra).

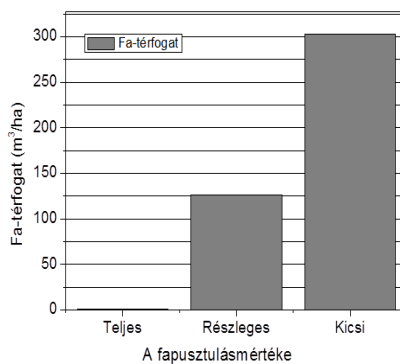


**2. ábra Sikertelen, illetve részben sikeres erdőtelepítés, a legelőfásítási kísérletben, ahol a bakhát a környező területek szikes talajából készült (Fotó: Blaskó Lajos)**



**3. ábra. Sikeres erdősávtelepítés, a legelőfásítási kísérletben, ahol a bakhát a kis só, és Na-tartalmú, mélyebben kilúgzott talajból készült (Fotó: Blaskó Lajos)**

A mélyebb fekvésű, jobb vízellátottságú foltokon átvezető bakhátakon telepített turkesztáni szilfák nagyobb része megmaradt (3.ábra), de a térfogat-becslés eredményei csekély fahozamra (4.ábra) utalnak.



**4. ábra Fatérfogat becslés eredménye eltérő állapotú erdősáv szakaszokon**  
Forrás: VERES (2013)

## Fatelepítés (agrár erdőszet) lehetőségei réti szolonyec típusú szikes talajokon és azok környezetében

A kémia vizsgálatok eredményei szerint erdősáv legkisebb fapusztulással ott maradt fenn, ahol a legfeljebb gyengén sós, „gyengén szolonyeces” és szódamentes feltalaj 80-90 cm-nél mélyebb volt (1. táblázat). Ahol ez a feltétel nem állt fenn, részleges (2. táblázat), illetve az 50 cm mélységben kimutatható mennyiségű szódát tartalmazó és „erősen szolonyeces” talajon (3. táblázat) teljes fapusztulás következett be.

**1. táblázat. A talaj kémiai jellemzői a jól fejlett erdősáv alatt**

Mélység cm	pH/H <sub>2</sub> O/	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> %	Só %	Kicserélhető Na %
0-10	7,00	0,00	0,09	1,00
10-20	6,78	0,00	0,08	0,52
20-30	6,56	0,00	0,11	1,60
30-40	6,12	0,00	0,11	2,21
40-50	6,05	0,00	0,12	2,05
50-60	6,40	0,00	0,15	3,72
60-70	7,29	0,00	0,15	5,87
70-80	7,51	0,00	0,14	6,84
80-90	8,06	0,00	0,15	4,74
90-100	8,80	0,14	0,16	8,71

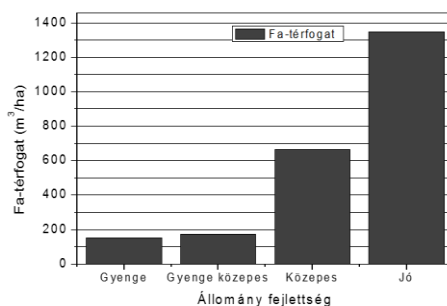
**2. táblázat, A talaj kémiai jellemzői részlegesen kipusztult erdősáv alatt**

Mélység cm	pH/H <sub>2</sub> O/	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> %	Só %	Kicserélhető Na %
0-10	7,22	0,00	0,16	1,73
10-20	6,90	0,00	0,18	3,71
20-30	7,14	0,00	0,16	5,78
30-40	6,58	0,00	0,22	7,03
40-50	6,66	0,00	0,19	9,55
50-60	7,22	0,00	0,26	14,89
60-70	7,94	0,00	0,34	20,69

**3. táblázat, A talaj kémiai jellemzői kipusztult erdősáv területén**

Mélység cm	pH/H <sub>2</sub> O/	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> %	só %	Kicserélhető Na %
0-10	7,44	0,00	0,00	2,04
10-20	8,21	0,07	0,07	3,32
20-30	8,40	0,07	0,07	5,46
30-40	8,43	0,08	0,08	8,35
40-50	8,37	0,06	0,06	10,94
50-60	8,89	0,11	0,11	15,89
60-70	9,44	0,25	0,25	23,09
70-80	10,02	0,19	0,19	29,82
80-90	10,11	0,29	0,29	26,81
90-100	10,20	0,31	0,31	23,52

A mezőségi és réti szolonyec közötti átmeneti zónában telepített erdő erősebben és közepesen szikes talajon telepített részletein a fatérfogat becslés eredményei szintén alacsony hozamokat jeleznek, bár megjegyzendő hogy ezt a fatérfogatot itt öt év alatt produkálta az erdő. A magasabb fekvésű mezőségi jellegű talajon telepített erdő fatérfogata azonban már egészen kedvező volt (5, ábra),



**5, ábra Fatérfogat becslés eredménye eltérő állapotú erdősáv szakaszokon**

Forrás: LERCH (2012)

A kémia vizsgálatok eredményei szerint erdősáv legkisebb fapusztulással ott maradt fenn, ahol a legfeljebb gyengén sós, „gyengén szolonyeces” és szódamentes feltalaj 80-90 cm-nél mélyebb volt (1, táblázat). Ahol ez a feltétel nem állt fenn, részleges (2, táblázat), illetve az 50 cm mélységben szódát és „erősen szolonyeces” talajon (3, táblázat) teljes fapusztulás következett be,

#### Az erdőtelepítési kísérlet eredményei

## Fatelepítés (agrár erdészet) lehetőségei réti szolonyec típusú szikes talajokon és azok környezetében

A kémia vizsgálatok eredményei a jól fejlett fák esetében a 4. táblázatban találhatóak, Ebben az esetben a talajban 90-100 cm-ig a sótartalom nem haladta meg a 0,1 %-ot, a Na % sem haladta meg az 5%-os értéket illetve eddig a mélységig a talaj szódamentesnek mondható,

**4. táblázat, A talaj kémiai jellemzői jól fejlett fákból álló erdőréteg alatt**

Mélység cm	pH/H <sub>2</sub> O/	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> %	só %	Kicserélhető Na %
0-20	6,90	0	0, 02	2,09
20-30	6,58	0	< 0, 02	2,47
30-40	6,61	0	< 0, 02	2,48
40-50	6,67	0	< 0, 02	2,74
50-60	7,24	0	< 0, 02	2,97
60-70	7,94	0	< 0, 02	3,02
70-80	8,31	0	0, 03	3,22
80-90	8,52	0, 02	0, 04	3,43
90-100	8,47	0, 02	0, 03	3,91

Az 5. táblázat tartalmazza a kémiai jellemzőket a közepesen fejlett fák esetében, ahol megfigyelhető, hogy a talaj 60-70 cm-es rétegéig szódamentes illetve a sótartalom nem haladja meg a határértéket, viszont a Na % 40-50 cm-es rétegtől növekszik,

**5. táblázat, A talaj kémiai jellemzői közepesen fejlett fákból álló erdőréteg alatt**

Mélység cm	pH/H <sub>2</sub> O/	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> %	Só %	Kicserélhető Na %
0-20	6,69	0	0, 19	2,60
20-30	6,63	0	0, 15	2,57
30-40	6,50	0	< 0, 02	3,15
40-50	7,18	0	< 0, 02	4,73
50-60	7,91	0	0, 04	8,54
60-70	7,64	0	0, 04	8,71
70-80	7,86	0, 18	0, 09	20,79
80-90	8,57	0, 39	0,13	28,23
90-100	9,17	0, 36	0, 14	30,60

A 6. táblázat tartalmazza a gyenge fejlettségű álló erdőréteg alatt található fák kémiai jellemzőit, Ebben az esetben a Na % már a felső rétegekben is meghaladja a „szikes” határértéket,

**6. táblázat, A talaj kémiai jellemzői gyenge fejlettségű fákból álló erdőréteg alatt**

Mélység cm	pH/H <sub>2</sub> O/	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> %	só %	Kicsérélhető Na %
0-20	7,70	0	0, 14	21,64
20-30	7,74	0	0, 21	27,13
30-40	8,01	0	0, 26	35,20
40-50	8,11	0	0, 40	44,00
50-60	7,94	0	0, 98	48,83
60-70	8,69	0, 12	0, 86	60,43
70-80	9,42	0, 31	0, 47	59,10
80-90	9,63	0, 29	0, 45	57,49
90-100	9,61	0, 30	0, 39	55,59

### Következtetések

Az eredmények szerint összhangban TÓTH et al.,(1972) adataival– a telepített fák hosszabb távú életben maradására, illetve nagyobb fatömeg produkció elérésére ott van esély, ahol a kis nátrium tartalmú réteg legalább 60 cm-nél és a szódát is tartalmazó réteg 80 cm-nél mélyebben van, Ezek a feltételek mesterségesen, nagy beruházást igénylő bakhátas telepítéssel teljesíthetők, ha van a közelben elegendő kis sótartalmú feltalaj a bakhát létesítéséhez,

Az alkalmazkodó mezőgazdaság követelményeinek sokkal inkább megfelel szikes talajjal komplexet képező, sokszor azok területén belül, vagy közvetlen szomszédságukban lévő, mélyebb termőrétegű réties, vagy a mezőségi talaj felé átmenetet jelentő területeken való erdőtelepítés, ahol gazdaságilag is hasznosítható fatömeg termelésére van lehetőség, A szikes talajok mozaikos jellege és környezetükben a réti, mezőségi talajok felé átmenetet mutató talajok sok olyan lehetőséget kínálnak, ahol a fák vízellátással és a gyökérzóna mélységével szembeni igényei természetesen módon biztosíthatók,

### Irodalomjegyzék

BLASKÓ L, & CZIBALMOS R, (2013): Szikes talajok fásítási lehetőségei, Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV., Kapitális Nyomdaipari Kft., Debrecen, 143-150,p, ISBN: 978-963-318-334-2,

CZIBALMOS R., BLASKÓ L, & VERES G, (2014): Szikesek hasznosítási lehetőségei fás szárú energianövényekkel, Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V., Kapitális Nyomdaipari Kft., Debrecen, 113-120,p, ISBN: 978-963-318-434-9,

## **Fatelepítés (agrár erdészet) lehetőségei réti szolonyec típusú szikes talajokon és azok környezetében**

---

[http://www.eng.unideb.hu/kulcsarb/Magyary%20%C3%B6szt%C3%B6nd%C3%ADj\\_KONFERENCIA%20%C3%96SSZEFOGLAL%C3%93K/Konferencia%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3\\_T%C3%89RINFORMATIKA\\_20140529\\_31.pdf](http://www.eng.unideb.hu/kulcsarb/Magyary%20%C3%B6szt%C3%B6nd%C3%ADj_KONFERENCIA%20%C3%96SSZEFOGLAL%C3%93K/Konferencia%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3_T%C3%89RINFORMATIKA_20140529_31.pdf)

LERCH O, (2012): Szikes területek fásításának lehetőségei az Alföldön, Szakdolgozat, DE MÉK, Debrecen,

MAGYAR P,(1956): A szikes talajok fásítása, Az Erdő 5, (91.) évf, (10) p, 393-403

SZABOLCS, I, (ed.) (1971): European solonetz soils and their reclamation, Akadémiai Kiadó, Budapest

TÓTH B., JASSÓ F., LESZTÁK J-né & SZABOLCS, (1972): Szikesek fásítása, Akadémiai Kiadó, Budapest

VÁRALLYAY Gy, (1992): Soil data base for sustainable land use - Hungarian case study, Proc, Int, Symp, on soil Resilience and Sustainable Land Use, Bp, 28, September - 2 October 1992,

VERES G, (2013): Szikes talajok hasznosítási lehetőségei fás szárú energianövényekkel, Diplomadolgozat DE Műszaki Kar, Debrecen





**Homoktalajok tápanyag-tartalma a tápanyag-ellátás függvényében**

*Cserni Imre<sup>1</sup>, Pető Judit<sup>1</sup> és Hüvely Attila<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Pallasz Athéné Egyetem, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Kertészeti Tanszék,*

*6000 Kecskemét, Mészöly Gy, tér 1-3,*

*E-mail: cserniimre@freemail.hu*

**Összefoglalás**

Időről időre célravezető, hogy homoktalajaink szerves-anyag hiányára, illetve a szerves-trágyázás jelentőségére hívjuk fel a figyelmet, Nagyméretű tenyészedeinkben, zeller jelzőnövényvel végzett kísérleteink megerősítették, hogy homoktalajaink humusz tartalma és NO<sub>3</sub>-nitrogén tartalma rendkívül erős pozitív összefüggést mutat, A humusztartalomban a nullás és a szerves-eredetű nitrogén kezelések között alig volt különbség, A szerves-trágyázott plusz nitrogén kezelés azonban a homoktalaj humusz tartalmát duplájánál is nagyobb értékre növelte, ami már az igen jó ellátottságnak felel meg, homok termőhelyi kategóriában, Az eredmények jól mutatják, hogy a homoktalaj humusz tartalmából jól lehet következtetni a talaj N-szolgáltató képességére, A NO<sub>3</sub>-nitrogén a szerves kolloidokban gazdagabb kezelésben csaknem 110 %-kal nagyobb, Ez a jelenség is a Duna-Tisza közti homoktalajok szerves nitrogén hiányára, és - az ásványi kolloidok csekély jelenléte mellett - a szerves-trágyázás fontosságára figyelmeztet szabadföldi zöldségtermesztésben,

A homoktalaj foszfor ellátottsága a szerves-anyag ellátottsággal mutatott korrelációt, Az összevont N-dózisok átlagai - valószínűleg a nagyobb gyökértömeg eredményeként - a kontrollnál nagyobb, a szerves-trágyázott pedig még ennél is nagyobb gyökértömeget, ill, szerves foszfort juttatott a talajba, A talaj K-ellátottsága - a P-ellátottsághoz hasonlóan – szintén növekedett, akár a kontroll duplájánál is nagyobb értékre,

A mikroelemeknél, a szerves trágyás kezelések egyértelműen jelzik a szerves trágya „teljes értékűségét”, mivel csaknem minden esetben a szerves-trágyás kezelések mutatnak legnagyobb mikroelem tartalmat,

**Summary**

It may be advantageous to draw attention from time to time to the importance of manure in sandy soil, The experiments were performed in the experimental garden of KF KFK, in large pots sunk into the ground, and with celery indicator plant,

Humus and NO<sub>3</sub>-N content of our sandy soils demonstrates a positive correlation, There was hardly difference in the humus content among the zero and inorganic nitrogen treatments, However, the organic nitrogen-fertilized treatment more than doubled to the content of humus in sandy soil, which has increased it into the very well supplied range, according to the sand habitat category, The results show that from the humus content of the soil we can well infer to the N-supplying capacity, The NO<sub>3</sub>-N content became almost 110% greater after the treatment richer in organic colloids, This phenomenon calls attention for the lack of organic nitrogen in the inter-Tisza-Danube sandy soils, and for

the importance of the use of organic fertilizer in open-field vegetable growing, Phosphor and potassium supply in soil increased after N-treatments, especially after treatment supplemented with manure,

Regarding micro-elements, the manure organic treatments clearly indicate the "full value of manure", as almost always the manure treatments resulted the greatest micronutrient contents,

### Bevezetés

A gumós zeller tápanyag tekintetében a gyökérzöldségek között is az igényesebbek közé számít, Termesztése jobb minőségű talajon, szakszerű tápanyagellátással és öntözve ajánlott, Sókra érzékeny és a mikroelemekre igényes, Cink, réz, kén és különösen bórigényes, Ismert, hogy a zeller B hiányra érzékeny, azonban a cropcare 10:10:20 tartalmaz B-t, A tenyészidőszak végre emelkedő K és S igényét a növekvő K adagok ( $K_2SO_4$ ) ellátásával igyekeztünk kompenzálni,

Korábbi kísérleti eredményeink szerint a zeller teljes tömegtermést vizsgálva, 2014 és 2015-ben megállapítható volt, hogy nemcsak az abszolút kontrollnál, hanem az alaptrágyázott (cropcare 10:10:20) kontrollnál is a plusz N fejtrágyázott kapott kezelések növelték a termést, A N kezelések között azonban alig volt különbség, A legnagyobb termést az alapműtrágyázott és istállótrágyázott kezelés adta (CSERNI et.al., 2015), Lepelhomok talajon az abszolút kontroll kezelés a teljes biomassza tömeghez viszonyítva csak 1/3-nyi gumótömeg termésre volt képes mindkét évben, A cropcare összetett műtrágyát és még plusz  $N_{60}$ ,  $N_{120}$  vagy  $N_{180}$  műtrágyát kapott kezelések eredményeként a gumótömeg az össztömeg több mint felére, 57-58 %-ára növekedett,

A gumóban a N –P között és a N-Na között tendenciaszerűen negatív korreláció mutatkozik, Ezzel szemben a N – Fe között közepes erősségű pozitív, míg a N - Zn szintén közepes erősségű, de negatív korreláció jelentkezett

A növekvő N-adagok hatására a gumóban a Na tartalom fokozatosan csökkent és a szerves-trágyázott kezelésben mutatott legkisebb értéket, ami negatív korrelációra utal és a másodlagos szikesedés elkerülésére adhat lehetőséget, A gumó N és C-vitamin tartalma erős pozitív korrelációt mutatott (PETŐ et al., 2015),

A fejtrágyaként adott nitrogén - szinte függetlenül az adag ( $N_{60-180}$ ) nagyságától – a levél és szár zöld tömegét növelte, de a gumóképződésre nem volt pozitív hatással, A gumótermésre vélhetően a cropcare alaptrágyában adott káliumnak ( $K_{120}kg/ha$ ) és az istállótrágyával adott káliumnak volt (CSERNI et al, 2015) hatása,

Egy tonna gumós zeller szabadföldi termesztéséhez általánosan 3,5 kg N, 2 kg  $P_2O_5$  és 6 kg  $K_2O$  hatóanyag szükséges (HORINKA, 2010) szerint, míg mások az átlagos fajlagos N -  $P_2O_5$  -  $K_2O$  tartalmat 6,5 - 2,5 - 8,0 kg/t igényben adják meg (TERBE & CSATHÓ, 2004,) Munkánk célja, hogy homoktalajaink szerves-anyag hiányára és a szervestrágyázás jelentőségére emlékeztessük a gyakorlatot, Jelen közleményben, részletesen csak a talajvizsgálatai eredményekre térünk ki,

# Homoktalajok tápanyag-tartalma a tápanyag-ellátás függvényében

## Anyag és módszer

Kísérleteinket földbe süllyesztett, nagyméretű (0,30 m<sup>2</sup> felületű) átfolyó liziméter jellegű tenyészedenyekben végeztük a KF KFK belső tenyészkertjében 2013 és 2014-ben kecskeméti lepelhomok talajon 6 különböző trágyakezelés mellett, négy ismétlésben, csepegtető öntözés alkalmazásával, gumós zeller jelzőnövényvel, A kiültetés 4-5 lomblevelés állapotban történt (5 növény/tenyészedeny) ami megfelel 16 növény/ m<sup>2</sup>-nek, A nagyobb állománysűrűséget az esetleges kipusztulás bekövetkezése tette szükségessé, Ugyanis korábbi tapasztalatunk szerint is lőtűcsök (Gryllotalpa gryllotalpa) kártétel a szerves-trágyázott konténerekben előfordult,

Az értékeléshez a nitrogénes kezeléseket összevontan értékeltük, Ennek értelmében 3 kezeléssé alakítottuk a kísérletet, **1, Kontroll**, abszolút nullás, **2**, összevont N-kezelések (600 kg/ha cropcare 10:10:20 alapműtrágya), **N kontroll (N1)**, és a többi a nitrogén növekvő adagai mellett fejtrágyaként N<sub>60</sub>, N<sub>120</sub>, N<sub>180</sub> kg/ha N hatóanyag; N2, N3, N4) **3, szerves trágyás kezelés** (600kg/ha cropcare 10:10:20 alapműtrágya és, 240 kg/ha N hatóanyag adagnak megfelelő mennyiségű szerves trágya: 165 t/ha), Az alaptrágyákat és szerves-trágyát is mindkét évben tavasszal dolgoztuk a talajba, míg a N-adagokat három alkalommal a tenyészidő alatt,

A talajmintavétel a trágyakiszórás előtt (2016, 04, 14,-én) volt mind a hat kezeléssből, 0-0,20m-es rétegből, A talajvizsgálatokat a tenyészedenyekből (3 leszúrásból vett, majd a 4 sorozat homogenizálása után) vett mintákból határoztuk meg,

A talajmintákból az alábbi paramétereket határoztuk meg: vizes és kálium-kloridos pH 1:2,5 arányú szuszpenzióból, Arany-féle kötöttségi szám és összes sótartalom, kalciméterrel meghatározott szénsavas mésztartalom, Tyurin-féle humusztartalom, makro- és mikroelemek koncentrációja ammónium-laktátos-ecetsavas kivonatból, Na<sub>2</sub>-EDTA-kálium-kloridos és kálium-kloridos kivonatból történt,

A statisztikai vizsgálatok során szignifikáns különbségeket elemeztük, a lényegi különbségeket 5%-os biztonsággal közöltük,

## Eredmények

Részletes talajvizsgálati eredmények (1, táblázat),

**1, táblázat, A 6 kezelés komplett talajvizsgálati eredményei**

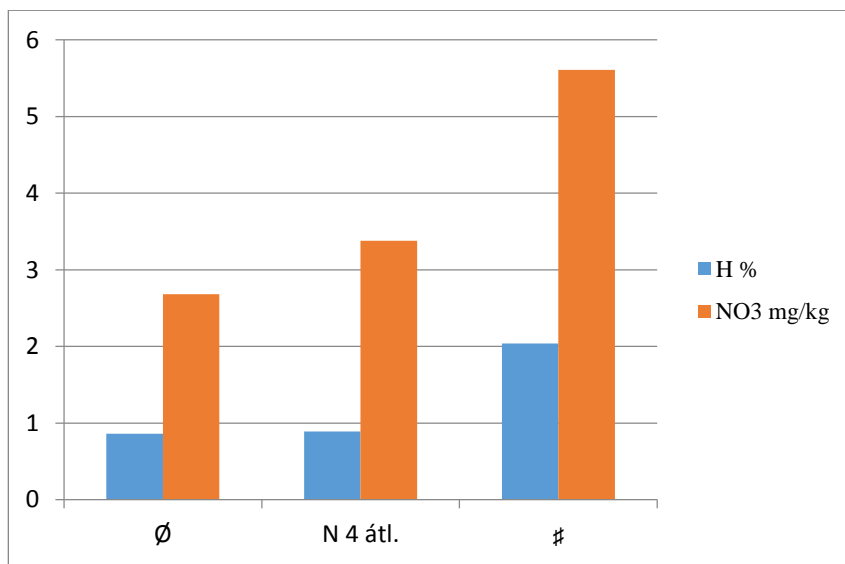
Kezelés	pH víz	pH KCl	K <sub>A</sub>	Össz. só%	CaCO <sub>3</sub> %	Hu%	(NO <sub>3</sub> -+NO <sub>2</sub> -) N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/k	K <sub>2</sub> O mg/k	Mg mg/k	Na mg/k	Zn mg/k	Cu mg/k	Fe mg/kg	Mn mg/kg
Ø	7,91	7,61	30	<0,02	1,51	0,856	2,68	334	40,8	74,0	<5,0	10,6	6,68	41,5	47,9
N 1	7,94	7,56	29	<0,02	1,66	0,874	3,34	398	71,2	71,5	6,55	11,6	8,35	41,8	50,9
N 2	7,95	7,61	29	<0,02	1,84	0,833	4,27	467	63,9	72,4	<5,0	11,0	8,49	44,7	50,5
N 3	7,98	7,64	29	<0,02	1,43	1,04	2,96	439	71,6	72,9	<5,0	10,3	7,91	43,4	52,2
N 4	7,90	7,59	30	<0,02	1,41	0,819	2,94	450	65,5	72,2	<5,0	9,71	7,04	43,5	51,1
Szer v, tr,	7,64	7,29	33	<0,02	1,76	2,04	5,61	1000	92,8	136	12,9	18,1	7,51	54,4	57,6

A trágyázatlan és csak műtrágyás kezelések vizes és KCl-os pH-ja szinte teljesen egyforma, A szerves-trágyás kezelés pH-ja a legkisebb, ami a szerves-trágya puffer hatását igazolja (2, táblázat),

**2, táblázat, A kontroll, a négy N-kezelés átlaga és szerves-trágyázott kezelések talajvizsgálati eredményei**

Kezelés	pH víz	pH KCl	K <sub>A</sub>	Össz. s <sub>ó</sub> %	CaCO <sub>3</sub> %	Hu %	(NO <sub>3</sub> -+NO <sub>2</sub> -)-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg	K <sub>2</sub> O mg/kg	Mg mg/kg	Na mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/ kg	Mn mg/ kg
Ø	7,91	7,61	30	<0,02	1,51	0,856	2,68	334	40,8	74,0	<5,00	10,6	6,68	41,5	47,9
4 N átlag	7,94	7,60	29	<0,02	1,58	0,89	3,38	439	68,1	72,8	<5,00	10,7	7,94	43,4	51,2
Szerves tr.	7,64	7,29	33	<0,02	1,76	2,04	5,61	1000	92,8	136	12,9	18,1	7,51	54,4	57,6

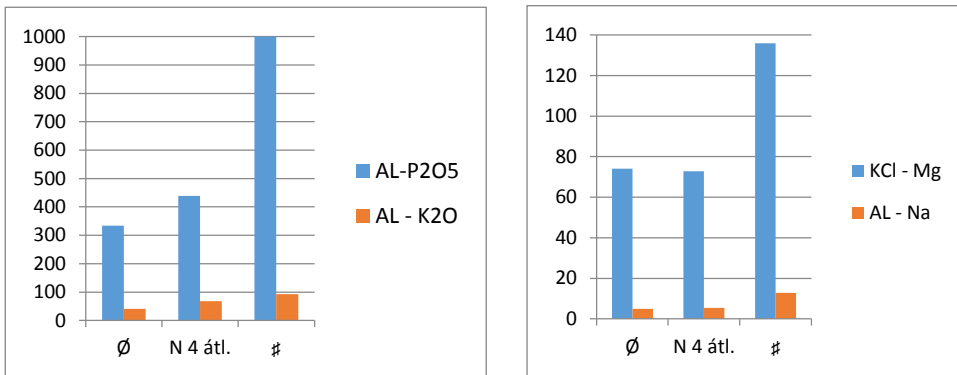
A különböző kezelésekben a talaj humusz tartalma és NO<sub>3</sub>-nitrogén tartalma rendkívül jól szemlélteti a pozitív összefüggést, A humusz-tartalomban a nullás és a szerves-mentes eredetű nitrogén kezelések között alig van különbség, A szerves-trágyázott plusz nitrogénes kezelés azonban a homoktalaj humusz tartalmát duplájánál is nagyobb értékre növelte, ami már az igen jó ellátottságnak felel meg homok termőhelyi kategóriában (1, ábra), Az adatok jól mutatják, hogy a talaj humusz-tartalmából jól lehet következtetni a talaj N-szolgáltató képességére, Az is egyértelmű, hogy NO<sub>3</sub>-N a szerves kolloidokban gazdagabb, (szerves trágyázott) kezelésben csaknem 110 %-kal nagyobb volt, Ez a jelenség is a Duna-Tisza közti homoktalajok szerves nitrogén hiányára - az ásványi kolloidok csekély mértékű jelenléte mellett - a szerves-trágyázás fontosságára figyelmeztet szabadföldi zöldség termesztésben,



**1, ábra, A talaj humusz és NO<sub>3</sub>-N tartalma**

## Homoktalajok tápanyag-tartalma a tápanyag-ellátás függvényében

A homoktalaj foszfor ellátottsága a bővebb nitrogén és szerves-anyag ellátottsággal mutatott összefüggést (2, ábra), Az összevont N –adagos kezelések átlagai valószínűleg a nagyobb gyökértömeg eredményeként (több szerves-anyag) a kontrollnál nagyobb és szerves-trágyázott még ennél is nagyobb gyökértömeget, ill, szerves foszfort juttatott a talajba,

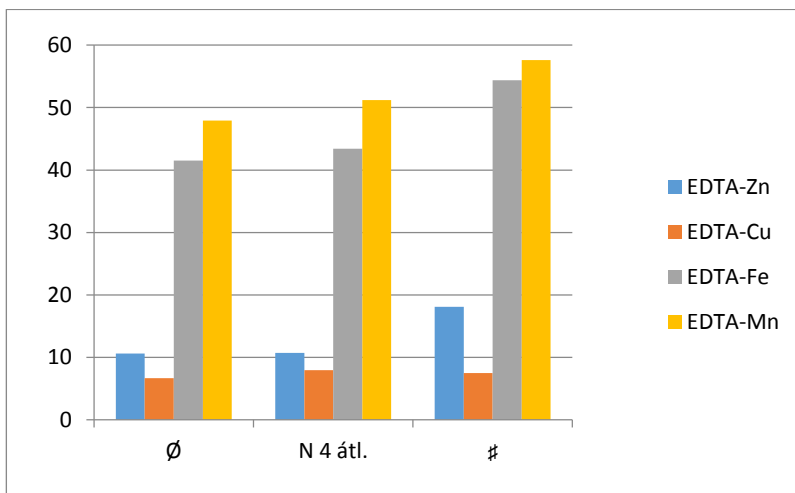


2, ábra, A talaj foszfor, kálium, magnézium és nátrium tartalma (mg/kg)

A talaj kálium ellátottsága is - hasonlóan a foszfor ellátottsághoz - a kontroll ellátottságának duplájánál is nagyobb értéket mutatott a szervestrágyázás eredményeként,

A magnézium- és a nátrium-tartalom nem kaptunk összefüggést, A Mg-tartalom a szerves-trágyázott kezelésekben volt a legnagyobb, Azonban a Mg- és a Na- tartalom is a szerves-trágyázott kezelésekben 100 % körüli többletet mutat a nullás és a csak műtrágyázottakhoz mérten,

Az eredmények tápanyag-gazdálkodási (és földműveléstani) szempontból a szerves trágyák jó makroelem szolgáltató képességére hívják fel a figyelmet, A szervestrágyázás elmulasztásának esetében a homoktalajaink Mg-hiányának bekövetkezésére lehet számítani,



3, ábra, A talaj néhány mikroelem tartalma (EDTA-KCL, mg/kg)

A mikroelemeknél (3. ábra) a szerves-trágyás kezelések egyértelműn jelzik” szerves-trágya teljes értékűségét” mivel csaknem minden esetben a szerves-trágyás kezelések mutattak legnagyobb értéket,

### **Következtetések**

A NO<sub>3</sub>-N a szerves kolloidokban gazdagabb, szerves trágyázott kezelésben csaknem 110 %-kal nagyobb, Ez a Duna-Tisza közti homoktalajok szerves nitrogén hiányára, a szerves-trágyázás fontosságára figyelmeztet szabadföldi zöldség termesztésben,

Az eredmények tápanyag-gazdálkodási és földműveléstanai szempontból a - szerves-trágyázás elmulasztásának esetében - a homoktalajaink Mg-hiányának bekövetkezésére hívja fel a figyelmet,

A mikroelemeknél a szerves-trágyás kezelések egyértelműn jelzik” szerves-trágya teljes értékűségét”, mivel csaknem minden esetben a szerves-trágyás kezelések mutattak legnagyobb értéket,

### **Irodalomjegyzék**

CSERNI I., PETO J, & HÜVELY A, (2015): A zeller növekedésének és egyes értékmérő paramétereinek vizsgálata, GRADUS 2:(2) pp,236-241,

HORINKA T, (2010): Kertészeti növények komplett tápanyagellátása, Kertészek kis/Nagyáruháza, Kft., Budapest

PETO J., CSERNI I, & HÜVELY A, (2015): Nitrogén és C vitamin tartalom összefüggései zellergumóban homoktalajon, ECONOMICA (SZOLNOK) 8:(4/2) pp, 305-309

TERBE, I, & CSATHÓ, P, (2014): Környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás a szabadföldi zöldségtermesztésben, Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar, Zöldség-és Gombatermesztési Tanszék, MTA TAKI Budapest 50,p,

# Talajtani Vándorgyűlés – Talajtermékenységi és tápanyaggazdálkodási szekció

---

## Talaj és növény beltartalmi paramétereinek változása trágyakezelések hatására

Dálnoki Anna Boglárka<sup>1</sup>, Huszár Szilvia<sup>1</sup>, Sebők András<sup>2</sup>, Fekete György<sup>2</sup>, Czinkota Imre<sup>2</sup>

<sup>1</sup>NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet, 2053 Herceghalom  
Gesztenyés út 1, Email: [dalnoki.boglarka@atk.naik.hu](mailto:dalnoki.boglarka@atk.naik.hu)

<sup>2</sup>Szent István Egyetem, MKK Talajtani és Agrokémiai Tanszék, 2100 Gödöllő Páter Károly utca 1,

### Összefoglalás

A kijutatott almos- és hígtrágya a talajban részben átalakul növényi tápanyaggá, illetve potenciálisan káros szennyezőkké, Mindemellett létrejönnek olyan szerves savak és komplexképzők, melyek a potenciálisan káros elemek mobilizálódását segítik elő, Mindezen folyamatok eredményeként a szerves trágya alkalmazása jelentősen befolyásolja a növények számára elérhető és felvehető elemek koncentrációját, melyekbe nem csak az esszenciális alkotók, hanem a káros mikro-és makroelemek is beletartoznak, Utóbbiak akkumulálódnak majd bekerülnek a táplálékláncba, mely magába foglalja a trágya-talaj-növény rendszert is, Ezen folyamatok vizsgálatára állítottunk be egy kísérletet az Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet területén, melyben a kontroll, a sertés hígtrágyával, és a kevert juh, illetve szarvasmarha almos trágyával kezelt területek talaj- és növénymintái beltartalmi paramétereinek változását követtük nyomon, Talajok foszfor- és nitrogénkoncentrációi szignifikánsan lecsökkentek a kétféle trágyával kezelt területeken, A növények foszfortartalmát a trágyakezelések szintén lecsökkentették, Nitrogén esetében a hígtrágyával kezelt terület esetén jelentősen kevesebb volt a növényekben a fehérjeteralom, míg az almos trágyával kezelt terület növénymintáiban jelentős emelkedést figyeltünk meg,

### Summary

Farmyard manure and slurry applied to the soil are transformed into plant nutrients, but there are some metabolites which could be potential pollutants, especially organic acids and complex ligands, These organics could influence the mobility of potentially harmful elements in soil, After all, after application of farmyard manure or slurry the concentration of essential and harmful micro- and macroelements could be influenced in manure-soil-plant system, Our aim was to determine the environmental effects of mixed farmyard manure and swine slurry, after spreading them on agricultural soil, During this pre-experiment manure, soil, plants, and crop samples were taken, and each of these samples were analyzed for dry matter content, total N, C, P, Na, Ca, K, and microelement concentrations, Our results showed that farmyard manure and slurry had different impacts on the uptake of mineral nutrients in the soil-plant system, In the soil samples the farmyard manure and slurry applications caused significant decrease in phosphorous and nitrogen concentrations, Phosphorous concentration of plant samples grown in treated areas was significantly lower than that of control, The nitrogen content was significant lower in the slurry treated area; while farmyard manure treatment caused significant increase,

### Bevezetés

A talajba jutott trágyák, mint például az almos- és hígtrágyák, átalakulhatnak növényi tápanyaggá, de akár potenciális szennyező anyagokká is, melyek a kijutatott szerves anyag

minőségének függvényében megváltoztathatják a talaj C:N arányát és pH-ját (szerves savak és komplexek formájában) (CZINKOTA et al., 2006), Ennek következtében megnövekszik a felvehető elemek mennyisége, melyekbe nem csak az esszenciális elemek, hanem a toxikus mikro-és makroelemek is beletartoznak (OLSEN et al., 1970), Ezek akkumulálódnak és bekerülnek a táplálékláncba (PUSCHENREITER et al., 2005),

A trágyakezelések hatására a talajban felélénkül a mikroorganizmusok tevékenysége, A fokozott talajélet jellemző kísérő folyamatai a szerves anyagok lebontása, az ammonifikáció, a denitrifikáció és a nitrifikáció, A szerves anyag lebontásának végeredménye többek közt az üvegházhatású gázok termelődése (pl. metán (KÜLLING et al., 2003), nitrogén-oxidok (ZHU et al., 2014)), melyek a légkörbe kibocsátódva környezeti problémákat okoznak, A nitrifikációs folyamat eredményeként megváltozik a talaj  $\text{NO}_3^-$  -tartalma, amelyek a környezeti tényezők hatásaira a talajvíz szennyezőjévé válnak (SMITH et al., 2001),

Ezen folyamatok vizsgálatára állítottunk be egy előkísérletet az Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet területén, melyben a kontroll, a sertés hígtrágyával, és a kevert juh, illetve szarvasmarha almos trágyával kezelt területek talaj- és növénymintái beltartalmi paramétereinek változását követtük nyomon,

### Anyag és módszer

A szerves trágyák vizsgálatára beállított kísérletet a Takarmányozási, Állattenyésztési és Húsipari Kutatóintézet szántóföldjén alakítottuk ki, mely agyagos vályog öntéstalaj típusba sorolható, A talajmintákat a két átló és hossz tengely mentén vettük a keskeny kiosztás miatt, Ezáltal kaptunk 3 ismétlést, A mintavételt követően a 3 ha-os kijelölt parcellákra juttattunk ki sertés hígtrágyából  $77 \text{ m}^3/\text{ha-t}$ , és a kevert szarvasmarha és juh almos trágyából  $4 \text{ t/ha-t}$ , A trágyák melyek beltartalmi paramétereit az 1. táblázat mutatja be, A trágyák a szántóföldre való kijuttatásuk után a lehető legrövidebb idő után beszántásra kerültek, majd a kezelt parcellák vegyes takarmányfűvel lettek bevetve, mely növényekből származtak későbbiekben a növényminták, A takarmányfű keverékből – betartva az ajánlott vetőmag mennyiséget –  $60 \text{ kg/ha}$  lett elvetve, mely összetételét tekintve 25% angolperjéből (diploid), 20% angolperjéből (tetraploid), 20% olaszperjéből, 20% nádkéjú csenkeszből és 15% csomós ebírből állt, A kontroll terület ekkor ugaroltatva volt, ezért az előző évben vetett takarmányfű termésének spontán keléséből származtak a mintáink, Minden parcelláról 2015 augusztusában három átlag talajminta és három növényminta lett véve (a talajminták pontjainál), melyekből meghatározásra került a száraz- és szervesanyag, összes N (Kjedahl vízgőz desztillációs módszer), illetve P (salétromsavas kivonás, majd molibdát-vanadátos színreakció), valamint a K, Ca, Na, Mg, Fe, Mn, Cu és Zn (salétromsavas oldattal való kivonás) -tartalom, Hasonló laboratóriumi vizsgálatok történtek a trágyákból még a kihelyezés előtt, A trágyaminták vétele szabvány szerint történt, Hígtrágya esetében az MSZ-08-0461:1981, míg almos trágya mintavételekor az MSZ-08-0014:1978 szabvány nyújtott segítséget,



1, táblázat, Híg-és almos trágya beltartalmi paramétereit,

Vizsgált komponensek	Hígtrágya	Almos trágya	Vizsgált komponensek	Hígtrágya	Almos trágya
Száranyag (t/ha)	1,68	1,09	K (t/ha)	0,076	0,037
Szervesanyag (t/ha)	0,71	0,5	Na (t/ha)	0,014	0,002
N (t/ha)	0,179	0,028	Cu (kg/ha)	0,488	0,013
P (t/ha)	0,036	0,006	Mn (kg/ha)	0,809	0,12
Ca (t/ha)	0,051	0,027	Zn (kg/ha)	8,053	0,077
Mg (t/ha)	0,014	0,003	Fe (kg/ha)	6,125	1,658

Az elemkoncentrációk egy hektárra történő átszámításakor 30 cm-es szántott talajmélységet és a mért térfogattömeget, amely 1,37 t/m<sup>3</sup> volt, vettünk alapul, Így a talaj hektáronkénti 4110 tonnás tömegével végeztük el az átszámításokat,

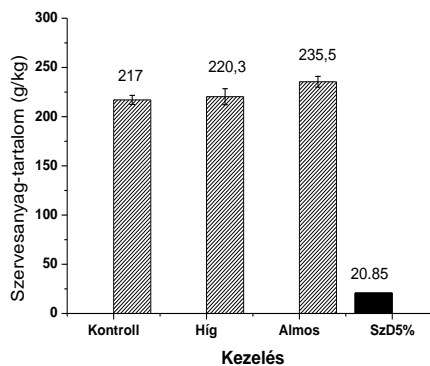
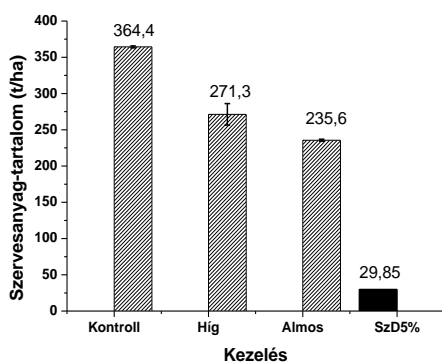
Az analitikai vizsgálatok után a mérési adatok varianciaanalízisét Origin szoftver segítségével végeztük el,

Sajnálatos módon a vizsgálat ideje alatt a kontroll parcellán nagymértékben károsodott a növényzet, A növény-mintavételekre még lehetőségünk volt, melyből a növények beltartalmi paramétereit kerültk meghatározásra, de a termés mennyiségét csak becsülni lehetett, így nem lehetett pontos adatokat kapni a terméshozamra,

## Eredmények és értékelésük

Minden eredmény egy-egy diagramon van feltüntetve, melyek megmutatják először a talajok (bal oldali ábrák) elemtartalmait, és ezek mellett található a növényminták beltartalmi (jobb oldali ábrák) értékei, Minden diagramon megtalálható a szórás, és a szignifikáns differencia értékei is,

Elsőként a talaj-és növényminták szervesanyag-tartalmait (1, és 2, ábra) mutatjuk be,

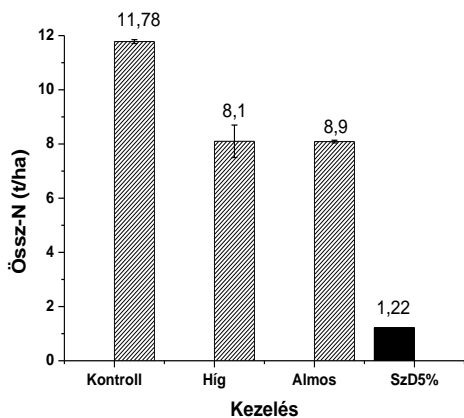


1, ábra, A talaj szervesanyag-tartalma

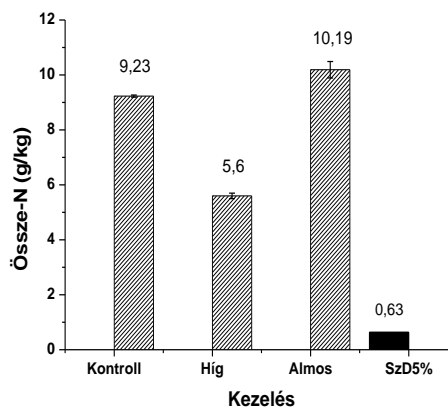
2, ábra, A növények szervesanyag-tartalma

Az 1. ábrán megfigyelhető, hogy a trágyák kijuttatása után a talaj szervesanyag-mennyisége jelentősen csökkent a kontrollhoz képest, Ezzel szemben (2. ábra) a kezelt területekről származó növények szervesanyag-tartalma szignifikánsan nem volt nagyobb a kontrollénál, illetve a két trágyával kezelt területről származó minták közt sem volt szignifikáns különbség. Összehasonlítva a talaj- és növényminták adatait megfigyelhető, hogy a talaj szignifikáns szervesanyag-csökkenése nem jelenik meg a növények szervesanyag-tartalmában, vagyis a kezelések nem okoztak jelentős szervesanyag-tartalom növekedést,

A következő ábrákon (3. és 4.) a talaj- és növényminták összes nitrogéntartalma szerepel,



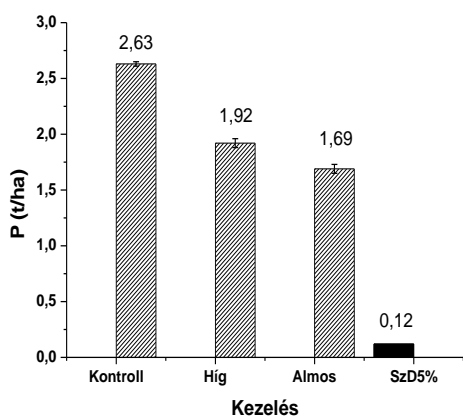
**3. ábra, A talaj összes N-tartalma**



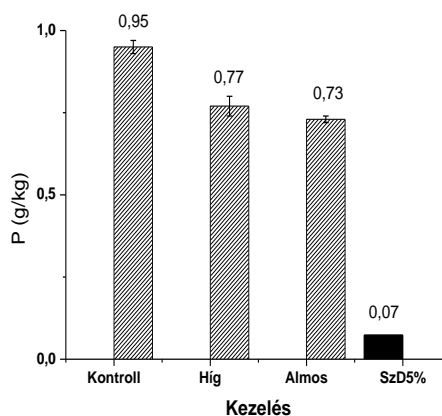
**4. ábra, A növények összes N-tartalma**

A 3. ábrán látható a talaj nitrogéntartalmának jelentős csökkenése a kontrollhoz képest, Ebben az esetben sem volt a két kezelés közt jelentős különbség, A növények esetében a 4. ábrán megfigyelhető, hogy az almos trágyával kezelt területről származó minták fehérjetartalma kiemelkedően magasabb a kontrollhoz viszonyítva, ezzel szemben a hígtrágyakezelést kapott terület növényeinek fehérjetartalma meghatározóan kisebb volt, Ez az eredmény is összhangban van a talaj szervesanyag-csökkenésének folyamatával, hiszen a kiszórt szerves anyag felgyorsította a bontási folyamatokat, melynek következtében a nitrogén egy része valószínűleg gázfázisba került, és a talajból elillant,

Az 5. ábrán szerepel a talajminták, a 6. ábrán pedig a növényminták foszfortartalma.



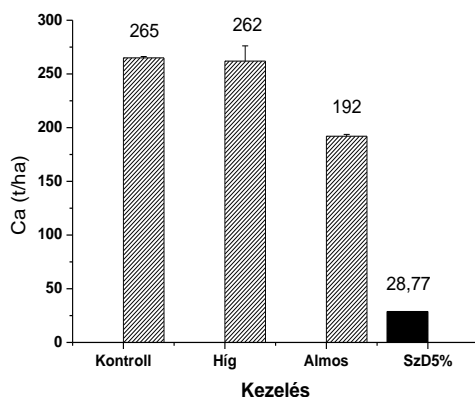
5. ábra, A talaj foszfortartalma



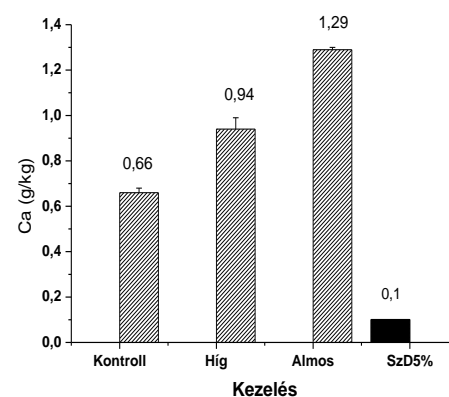
6. ábra, A növények foszfortartalma

A 5. ábra mutatja be a talaj foszfortartalmát, amely a kontrollhoz képest mindkét kezelés esetében szignifikánsan kisebb volt, A 6. ábrán megfigyelhető, hogy a növények foszfortartalma hasonlóan alakult, mint a talaj esetében, A jelenség indoklásául szolgálhat, hogy a mésztartalom bomlásakor kalciumionok keletkeztek, melyek kalcium-foszfát, illetve apatitok formájában kicsaphatják a foszfátionokat, lecsökkentve ezzel az oldható foszfortartalmat, Ez jól érzékelhető a növények foszfortartalmán is,

A 7-8. ábrákon jelenik meg a különböző mintákból mért kalciumtartalom,



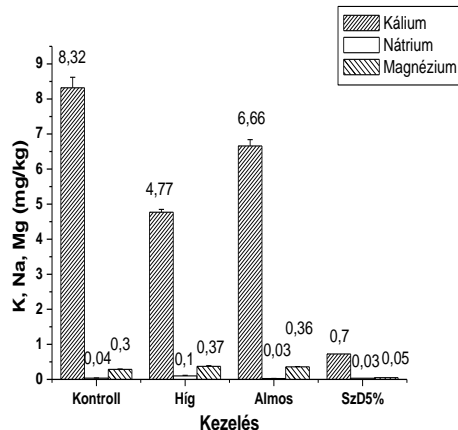
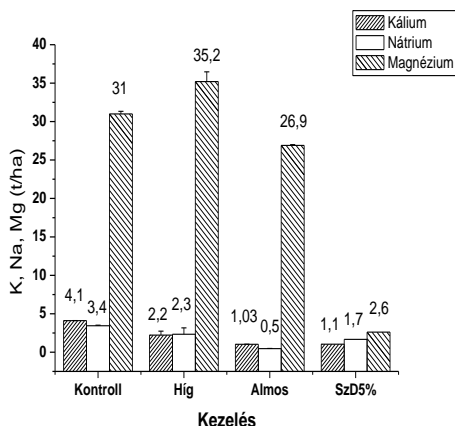
7. ábra, A talaj Ca-tartalma



8. ábra, A növények Ca-tartalma

A 7. ábrán látható, hogy csak az almos trágyával kezelt területen volt szignifikánsan kevesebb a kalcium mennyisége, Ezzel szemben az ugyanerről a területről származó növények kalciumtartalma jelentősen nagyobb volt, mint a kontroll és a hígtrágyával kezelt terület növényeié, A két trágyakezelést összehasonlítva meghatározó különbség figyelhető meg, Ebben az esetben a talajban a trágyázás hatására a szerves anyagok olyan savas anyagokká alakulhattak át, melyek a mészkövet jelentős mértékben bontják, ezzel is elősegítve a növények számára a kalciumfelvételt,

A 9, és 10, ábra mutatja be a talaj-és növényminták makroelem-tartalmát,

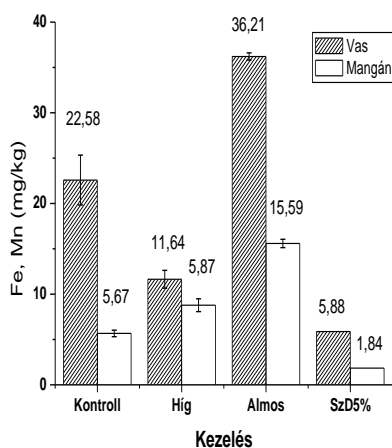
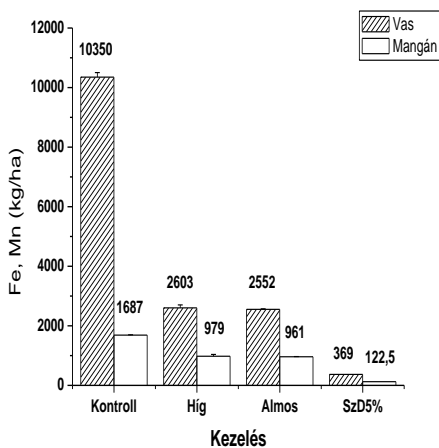


9, ábra, A talaj K-, Na- és Mg-tartalma

10, ábra, A növények K-, Na- és Mg-tartalma

A 9, ábrán megfigyelhető, hogy a talajban a nátrium, kálium és magnézium esetében nem volt szignifikáns különbség a kontrollhoz viszonyítva, ellenben a 10, ábrán a növények káliumtartalmánál mindkét kezelés jelentős csökkenés látható. Egymáshoz viszonyítva a kezeléseket a hígtrágyával kezelt területek növénymintáiban kevesebb kálium volt, mint az almos trágyával kezelt parcella mintáinál. Ezenél a makroelemeknél is igaz, hogy a szerves anyag bontása után keletkező savas anyagok képesek deszorbeálni a fémionokat, Ez megfigyelhető a talaj elemtartalmában, és a növények beltartalmában is,

Az utolsó négy ábrán (11-14.) szerepelnek a különböző (vas, mangán, réz és cink) mikroelem-tartalmak,

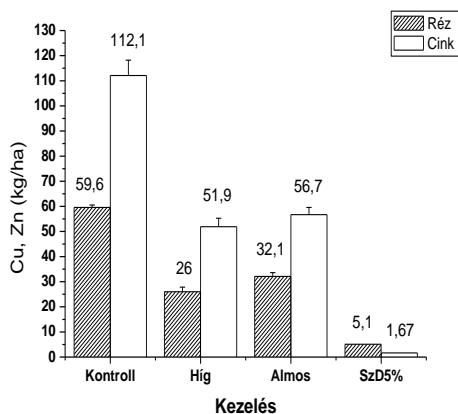


11, ábra, A talaj Fe- és Mn-tartalma

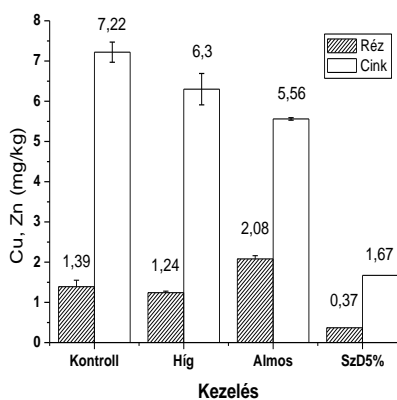
12, ábra, A növények Fe- és Mn-tartalma

## Talaj és növény beltartalmi paramétereinek változása trágyakezelések hatására

A 11. ábrán jól látható, hogy a vas és a mangán mennyisége is jelentősen kisebb, mint a kontroll terület talajáé. Ez a kijuttatott szerves anyagból képződő makromolekuláknak köszönhető, melyek jelentős mértékben megkötik és immobilizálják a mikroelemeket. Ezt támasztja alá a 12. ábra is, amin megfigyelhető, hogy a hígtrágyával kezelt területről származó növénymintának kisebb volt a vastartalma, mint a kontrollnak. Ezzel szemben az almos trágyával kezelt területen a vastartalom a növényekben megfigyelhetően nagyobb volt. A kezelt területek növénymintáinak mangántartalma nagyobb volt, mint a kontroll parcella növényeié, és a két kezelést is összehasonlítva jól látható a szignifikáns különbség.



13. ábra, A talaj Cu- és Zn-tartalma



14. ábra, A növények Cu- és Zn-tartalma

Hasonlóan a 12. ábrához a 13. ábrán is megfigyelhető a mikroelemek jelentősen kisebb mennyisége a kontrollhoz viszonyítva, mind a réz, mind a cink esetében. A növényminták (14. ábra) cinktartalma kevesebb volt, mint a kontroll terület növénymintáinak cinktartalma, és a trágyakezeléseket összehasonlítva is jelentős különbség figyelhető meg. A növények réztartalma ezzel szemben nem mutatott markáns különbséget a hígtrágyával kezelt parcella mintáinál, de az almos trágyával kezelt terület növényeinél figyelemre méltó növekedés volt tapasztalható. A mikroelemek esetében a trágyakezelések csökkentették a talaj oldható tápelem-tartalmát, mivel a kijuttatott szerves anyagokból képződő molekulák jelentős mértékben megkötötték és immobilizálták ezeket az elemeket, amely folyamat a növények mikroelem-tartalmain is nyomon követhető.

### Összefoglalás

Ebben az előkísérletben nagy mennyiségű trágya került felhasználásra, ennek ellenére a kezelt parcelláknál jelentős szervesanyag-csökkenést lehetett megfigyelni, de ugyanezt a jelenséget a növényminták mérési adatai nem mutatták. A talajminták foszfor- és nitrogéntartalma csökkent a trágyával kezelt területeken. Ehhez hasonlóan a növényminták foszfortartalmát a trágyakezelések csökkentették. A nitrogén esetében a hígtrágyával kezelt területnél megfigyelhetően kevesebb volt a növényekben a fehérjetartalom, míg az almos trágyával kezelt terület növénymintáiban jelentős növekedést lehetett tapasztalni. Csökkenés mutatkozott továbbá a növények káliumtartalmában, habár a talajminták között nem volt nagyobb eltérés. Ezzel szemben a hígtrágyával kezelt területről származó növényminták

nátriumtartalma nagyobb, míg az almos trágyával kezelt terület mintáinak nátriumtartalma kisebb volt, mint a kontrollé, A kalcium esetében a talajminták nagymértékű csökkenést csak az almos trágya esetében mutattak, de a kezelt területek növénymintáiból megfigyelhető, hogy mindkét kezelést követően jelentősen magasabb volt a kalciumtartalom, A magnéziumot illetően – az előző elemhez hasonlóan – a trágyával kezelt területek talajmintáiban nem lehetett szignifikáns különbséget kimutatni, de a növénymintáknál jelentősen magasabb értéket kaptunk, A talajok nátriumtartalmát elemezve nem volt tapasztalható jól megfigyelhető különbség, de a hígtrágyával kezelt területen a növények nátriumtartalma nagyobb volt, mint a kontroll parcelláé, Mikroelemeknél a trágyával kezelt területek talajmintáiban jelentékeny különbségek tapasztalhatók, a cinket kivéve mindegyik elem koncentrációja jelentősen kisebb volt, a kontrollhoz képest, Ellenben a növényminták mikroelem-tartalmát tekintve a mangán mindkét trágyakezelésnél kifejezett növekedést mutatott, míg a réz csak az almos trágya-kezelésnél, A vastartalom a kontroll terület növényeihez viszonyítva az almos trágyás parcellán nagyobb, míg a hígtrágyával kezelt területen kisebb volt, Ugyanekkor a növényminták cinktartalmai közt nem volt jelentős különbség,

Előkísérleteink eredményei alapján megállapítottuk, hogy a különböző trágyaformák talajba juttatása a talaj vizsgált elemtartalmában jelentős változásokat okozott (néhol nagyobb mértékűt, mint azt a kivitt mennyiség indokolta volna),

### Irodalomjegyzék

CZINKOTA I., ISSA, I., RÉTHÁTI G., & KOVÁCS B, (2006): Determination of the behaviour and the transport parameters of chromium in soil-water system, *Agrokémia és Talajtan*, Vol, 56 (1) p, 287-294,

KÜLLING, D.R., MENZI, H., SUTTER, F., LISCHER P, & KREUZER, M, (2003): Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass- and hay-based ration, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* Vol, 65, (1) p, 13-22

OLSEN, R, J., HENSLER, R, F, & ATTOE, O, J, (1970): Effect of manure application, aeration, and soil pH on soil nitrogen transformations and on certain soil test values, *Soil Science Society of America Journal* Vol, 34 (2) p, 222-225,

PUSCHENREITER, M., HORAK, O., FRIESL, W, & HARTL, W, (2005): Low-cost agricultural measures to reduce heavy metal transfer into the food chain – a review, *Plant, Soil and Environment* Vol, 51, (1) p, 1-11,

SMITH, K, A., JACKSON, D, R, & PEPPER, T, J, (2001): Nutrient losses by surface run-off following the application of organic manure to arable land, 1, Nitrogen, *Environmental Pollution* Vol, 112 p, 41–5,

ZHU, K., CHRISTEL, W., BRUUN, S, & STOUJANN JENSEN, L, (2014): The different effects of applying fresh, composted or charred manure on soil N<sub>2</sub>O emissions, *Soil Biology and Biochemistry*, Vol, 74, p, 61-69,

## Bi- és trikulturás búzaállomány talajának vízháztartási vizsgálata tartamkísérletben

*Dóka Lajos Fülöp*

*Debreceni Egyetem MEK, Növénytudományi Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.;*  
*E-mail: [doka@agr.unideb.hu](mailto:doka@agr.unideb.hu)*

### Összefoglalás

A vizsgálatokat 1983-ban Ruzsányi László professzor által beállított, 2004-től Pepó Péter professzor által vezetett polifaktoriális tartamkísérletben végeztem, Tesztnövény az egyik legnagyobb területen termesztett gabonanövényünk, az őszi búza volt, A vizsgálatokat bi- (kukorica-búza) és trikulturás (kukorica-borsó-búza) vetésváltási rendszerekben, két évben (2012, és 2013.) hajtottuk végre, A kísérletben N<sub>100</sub>+PK tápanyagszinttel dolgoztunk, Vizsgáltuk a csernozjom talaj 200 cm rétegében a talajnedvesség térfogatszázalékos értékeinek dinamikai változását az őszi búza tenyészidőszakában a vetéstől egészen a betakarításig, valamint vízellátottsági hiányértékeket számítottunk a tenyészidőszakra vonatkozóan, Vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy a csernozjom talaj vízkészletét a vetésváltás nagymértékben befolyásolja,

A két vetésváltási rendszer közül a trikulturás vetésváltásban számítottunk kisebb talajnedvesség térfogatszázalékos értékeket, A bi- és trikulturás vetésváltási rendszerekben számított vízhiányértékek is a borsó után vetett búza nagyobb vízfelhasználását bizonyítják, A vetés előtti vízhiányértékek pedig az elővetemények talaj vízháztartására gyakorolt eltérő hatását igazolják, A borsó elővetemény után visszamaradt talajnedvesség – még száraz nyár ellenére is – szignifikánsan több (a vízhiány 2012-ben 31,8 mm-rel, 2013-ban 42,3 mm-rel nagyobb bikultúrában), mint kukoricatarlóban,

### Summary

The examinations were carried out in the poly-factorial long-term field experiment set up by Prof, László Ruzsányi † in 1983 and directed by Prof, Péter Pepó since 2004, Winter Wheat was used as a test plant, since this cereal is one of the crops produced on the largest production area, The investigations were carried out in bi-culture (maize – wheat) and tri-culture (maize – pea – wheat) crop rotation systems in two following crop years (2012 and 2013), A nutrient supply level of N<sub>100</sub>+PK was applied in the whole experiment, The dynamics of change of soil moisture content of the upper 200 cm soil layer of the chernozem soil was studied during the whole vegetation from sowing until the harvest of winter wheat and deficit values of water supply were calculated upon the measures values, Based on our results it has been stated that the water stock of a chernozem soil is significantly influenced by crop rotation,

Among the two studied crop rotation systems we have calculated lower soil moisture content V/V% values in the tri-culture crop rotation system, According to the water deficit values of the two studied crop rotation systems more water is used by winter wheat sown after pea in the tri-culture crop rotation system, Water deficit values before sowing prove the different effect of pre-crops on soil water management, The soil moisture content that remained after the pre-crop was significantly higher in case of pea – despite the dry summer – than in case of maize: water deficit was 31,8 mm higher in 2012, while 42,3 mm higher in 2013 in the bi-culture system,

## Bevezetés

Magyarország növénytermesztésében meghatározó és integráló tényező a víz (JOLÁNKAI & LEHOCZKY, 2012), A megfelelő élelmiszerellátás és –biztonság alapja a mezőgazdasági termelés, ezen belül is a növénytermesztés produktuma, A növénytermesztés jövőbeni lehetőségeit nagy valószínűséggel a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodás szintje fogja bővíteni, vagy korlátozni, Az alkalmazkodás elsősorban a vízzel való hatékonyabb gazdálkodásra kényszerít (JOLÁNKAI & BIRKÁS, 2009), Ennek következtében kiemelt jelentősége van a hidrológiai ciklus, valamint a talaj vízháztartásának tanulmányozására, vizsgálatára, mind a termelés, mind a környezetvédelem oldaláról (VÁRALLYAY, 2011), A talaj vízraktározó képességének döntő jelentősége van az agroökoszisztémák zavartalan működése, megfelelő vízellátása szempontjából, hiszen a növények (pl. az őszi kultúrák) tavaszi „vízhiányt” az őszi-téli csapadékkal feltöltött és a talajban tárolt vízkészletekből lehet csak zavartalanul kielégíteni (FARKAS et al., 2004; VÁRALLYAY 2005), KÁTAI (2006) vizsgálatai szerint megfelelő vízellátás esetén nő a talajok mikrobiális élete, enzimaktivitásuk, javul szén forgalmuk is (JAKAB et al., 2004,),

Az őszi búza egyike legfontosabb termesztett növényeknek a világon A hazai növénytermesztésben meghatározó jelentőségű Termésképzése az eltérő évszakokban jelentős különbségeket mutat, főként a szélsőséges körülményekre, a túlzott csapadéokra, vagy az aszályra érzékenyen reagál, A vízhiány jelentősen befolyásolja a termést, főként a generatív fázisban (HARSH & DEEPTI, 2006; KASSAI et al., 2012; SZÉCSÉNYI et al., 2013; IBRAHIM et al., 2012), ZHANG BU et al., (2007) kísérleti eredményei alapján a különböző fenofázisokban történő egyszeri öntözés is hatással van a termésre, a termésképző elemekre, a vízhasznosításra, valamint a levélterület indexre, Amikor a talajnedvesség csökkenni kezd, a növényeknek nagyobb energiát kell fordítani a vízfelvétele, A transzspiráció intenzitása nem csökken addig, amíg a talaj felvehető vízkészletének 50 %-a rendelkezésre áll, A szárbainduláskori, valamint a szemtelítődéskor bekövetkező vízhiány jelentős termés-csökkenést okoz, (VARGA & VEISZ, 2013; KLUPÁCS et al., 2010),

## Anyag és módszer

A vizsgálatokat †Ruzsányi László professzor által 1983-ban beállított, 2004-től Pepó Péter professzor által vezetett polifaktoriális tartamkísérletben végeztük 2012, és 2013, évben a Debreceni Egyetem AGTC MÉK Növénytudományi Intézetének Látóképi Kísérleti Telepén, A kísérlet talaja jó vízbefogadó és víztartó képességű mészlepedékes csernozjom, A parcellák területe 41,1 m<sup>2</sup> volt,

A kísérletben N<sub>100</sub>+PK tápanyagszinttel, két öntözési kezeléssel (Ö<sub>1</sub> kezelés=nem öntözött, Ö<sub>2</sub> kezelés=öntözött), két vetésváltási rendszerben (bi- és trikultúra) dolgoztunk, Bikultúrában kukorica és őszi búza, míg trikultúrában Kukorica – őszi búza – borsó növények váltják egymást, Az őszi búzafajta GK Csillag volt, A talajművelés, a növényvédelem és a betakarítás egységesen történt, Az öntözések mindkét vetésváltási rendszerben kukorica előveteményben történtek, Az őszi búza fajta GK Csillag volt,

A 30 éves tartamkísérletben vizsgáltuk a csernozjom talaj vízháztartásának alakulását,

A vízforgalom vizsgálatára 4 alkalommal vettünk bolygatott talajmintát 200 cm-ig 20 cm-es rétegenként, Az első mintavétel a vetés előtt, míg a negyedik az őszi búza betakarítása után, tarlóból történt, a közbülső kettő pedig az őszi búza főbb fenofázisaiban (szárbaindulás, kalászás-virágzás) került vételezésre,



## Bi- és trikultúrás búzaállomány talajának vízháztartási vizsgálata tartamkísérletben

Megmértük a talajminták mintavétele utáni nedves tömegét, ezután szárítoszekrényben 105 °C-on súlyállandóságig szárítottuk, A száraz mintákat visszamértük a nedves és száraz tömeg különbsége adta a talajnedvességtartalmat, amit tömegszázalékban fejeztünk ki, Az így kapott eredményeket térfogatszázalékban is kifejeztük az adott talajréteg térfogattömegének felhasználásával, melyek Martin Béla és Győri Zoltán vizsgálati eredményein alapulnak,

A vizsgált két tenyészévben (2011/2012., 2012/2013.) (1, táblázat) a lehullott csapadék mennyisége az őszi búza vízigényét kielégítette, Viszont a csapadék eloszlása nagyon eltérő volt, A szeptemberi – vetés előtti – értékek 2011-ben 31,8 mm-rel, 2012-ben 34,5 mm-rel maradtak el a 30 éves átlagtól, a vetőmag október elején száraz talajba került, A búza csírázásához-kezdeti fejlődéséhez a 2011/2012, tenyészidőszakban rendkívül kevés víz állt rendelkezésre, A decemberben lehullott 71,1 mm csapadék szüntette meg a száraz körülményeket, A téli hónapokban (december, január, február) lehullott csapadék mennyisége 116,9 mm volt, A 2012, év első negyedévében összesen 47,2 mm csapadék hullott, szemben a 30 éves átlag 100,7 mm értékével, A búza tenyészidőszakbeli csapadékmennyiségének 60 %-át (228,9 mm) május, június és július hónapokban kapta, így a termésképzési folyamatok (kalászás, virágzás, megtermékenyülés, szemetelődés) vízellátása biztosított volt,

A 2012/2013, tenyészév csapadék szempontjából kiegyenlítettebb volt, A vetést megelőző időszak szárazságát a decemberben hulló, a 30 éves átlagtól 22,3 mm-rel több csapadék enyhítette, A tenyészidőszak téli hónapjaiban (december, január, február) összesen 157,4 mm csapadék hullott, Az előző tenyészévtől eltérően a 2013, év egészen betakarításig csapadékos volt (januártól júliusig összesen 391 mm), Kora tavasszal, márciusban a 30 éves átlagérték négyszerese volt a természetes csapadék,

A hőmérsékleti átlagértékeket elemezve megállapítható, hogy mindkét tenyészév melegebb volt az előző 30 év átlagától, Kivételt képez 2011/2012, tenyészidőszakban november, február, amikor átlagosan 3,9, valamint 5,5 °C-kal volt hidegebb, míg a 2012/2013, tenyészidőszakban december és március, átlagosan 1, valamint 2,1 °C-kal volt hidegebb,

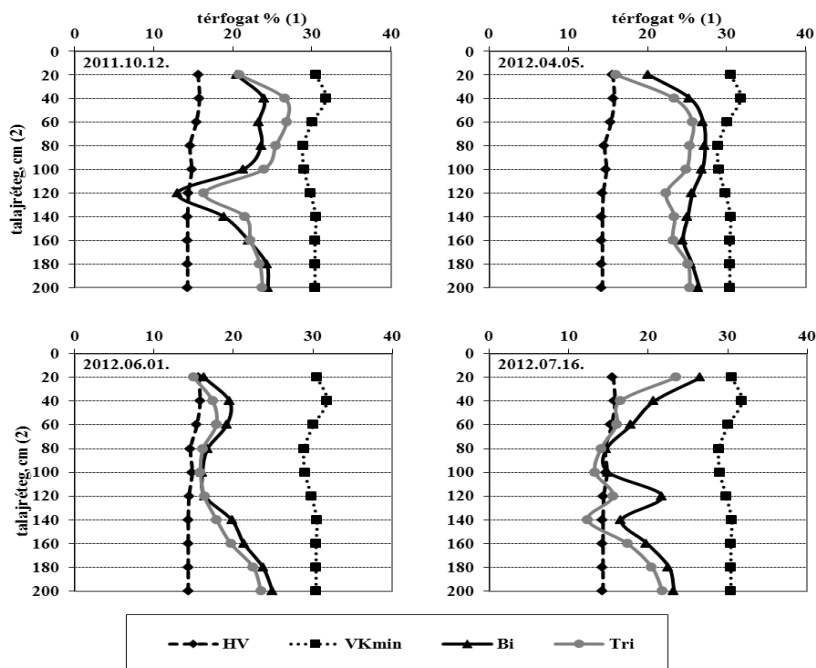
**1, táblázat, A 2011/2012, és 2012/2013, évek főbb időjárás paramétere (Debrecen-Látókép, 2011/2012., 2012/2013,)**

Hónap	2011/2012		2012/2013		30 éves átlag	
	Csap,	Hőm,	Csap,	Hőm,	Csap,	Hőm,
augusztus	42,7	21,4	4,1	22,5	60,7	19,6
szeptember	6,2	18,0	3,5	18,5	38,0	15,8
október	18,1	8,6	22,4	11,1	30,8	10,3
november	0	0,6	16,6	7,2	45,2	4,5
december	71,1	1,5	65,8	-1,2	43,5	-0,2
január	28,0	-0,6	38,7	-1,0	37,0	-2,6
február	17,8	-5,7	52,9	2,3	30,2	0,2
március	1,4	6,3	136,3	2,9	33,5	5,0
április	20,7	11,7	48,0	12	42,4	10,7
május	71,9	16,4	68,7	16,6	58,8	15,8
június	91,7	20,9	30,8	19,6	79,5	18,7
július	65,3	23,3	15,6	21,2	65,7	20,3
Csapadék a tenyészidőszakban összesen (október – július)	<b>386</b>	-	<b>495,8</b>	-	<b>466,6</b>	-
átlaghőmérséklet a tenyészidőszakban (október – július) (°C)	-	<b>8,3</b>	-	<b>9,1</b>	-	<b>8,3</b>

## Eredmények és értékelésük

Összehasonlítottuk a két vetésváltási rendszerben a talaj vízkészletének alakulását a talajszelvényben 200 cm mélységig, a 2011/2012, és 2012/2013, tenyészévben (1., 2. ábra). Az ábrák a négy mintavételi időpont talajnedvességét mutatják térfogatszázalékban, bi- és trikultúrában és N<sub>100</sub>+PK trágyakezelés mellett. A vetésváltás talaj vízháztartására gyakorolt hatásának vizsgálatát végeztük, így az eredményeket az öntözési kezelések (kukorica elővetemény volt öntözve) átlagában elemeztük.

A 2011/2012, tenyészév kezdetén, közvetlenül a vetés előtt, a talaj nedvességekészlete a talaj felső 100 cm rétegében 20-28 tf % között alakult (1. ábra). A kukorica előveteménynek köszönhetően a talaj 100-140 cm rétegében az előző értékektől 8-10 tf%-kal kisebb értékeket mérünk. A talaj ebben a zónában száraz volt, a növények gyökerei számára hasznosítható vízkészlet nem volt mérhető. 2012, áprilisára a talaj nedvességekészlete gyarapodott, 3-5 térfogatszázalékkal volt kisebb, mint a szabadföldi vízkapacitás értékek. Méréseink alapján a felső 40 cm talajréteg nedvességekészlete az őszi búza zöldtömegének gyarapodásához szükséges vízfogyasztása következtében 16-22 tf% közötti volt. A tavaszi – nyár eleji hónapok nagy mennyiségű csapadék ellenére a vízkészlet tovább csökkent, kielégítve a szárbaindulás – kalászolás – virágzás - szemtelítődés fenológiai szakaszok nagy vízigényét. A betakarítás idejére a felső 100 cm zónában a görbék a holtvíz értékeket elérték, 13-15 tf% nedvességértékeket mérünk.



1. ábra, A talaj nedvességtartalma (tf %) különböző vetésváltású őszi búza állományban a 2011/2012, évben (N<sub>100</sub>+PK)

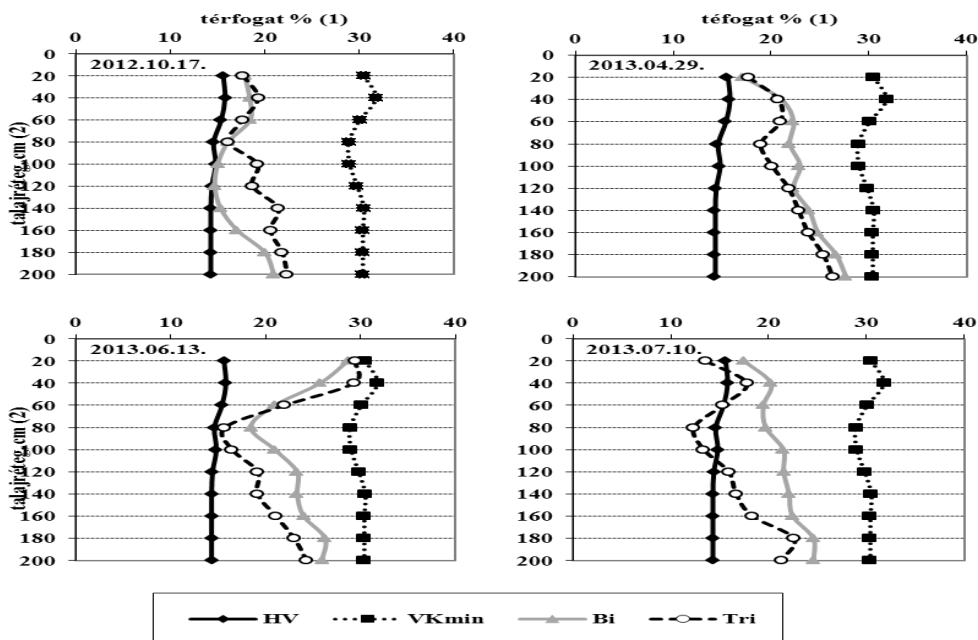
Kísérleti eredményeink alapján a 2012/2013, tenyészidőszak kezdete is száraz volt az elővetemény, a nyárvégi kevés csapadék és meleg időszak következtében (2. ábra). A talajnedvesség értékek 14-21 tf% között alakultak. Az őszi szárazságot a télen lehulló 157,4 mm csapadék csak részben enyhítette, a talajnedvesség a 0-140 cm rétegben 2-6 tf%-kal

## Bi- és trikultúrás búzaállomány talajának vízháztartási vizsgálata tartamkísérletben

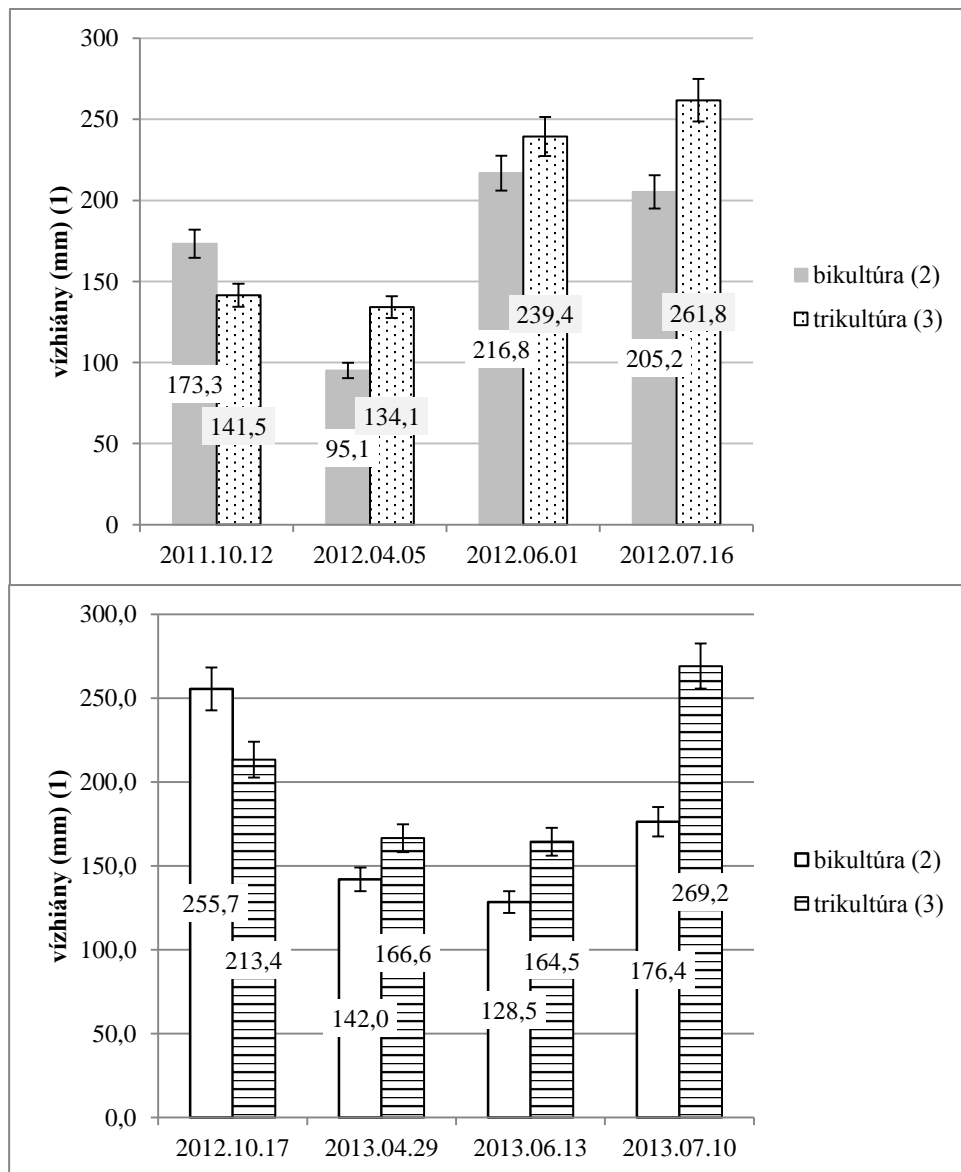
gyarapodott, A márciusi-április-május hónapok 253 mm csapadéka az őszi búza fejlődéséhez kedvező vízellátottsági körülményeket biztosított, A növekvő fitotömeg, valamint a generatív fenofázis növekvő vízigénye a talajnedvességet viszont csökkentette, a júniusi mintavételezések alkalmával a 0-120 cm rétegben fentről lefelé haladva egyre kisebb térfogatszázalékos nedvességértékeket mértünk, Az eredmények alapján a „mélypont” a 80-100 cm-es rétegben volt, ahol a holtvíztartalomig (16 tf %) csökkent a talajnedvesség, A betakarítás idejére kevesebb csapadék (júniusban 30,8 m, júliusban 15,6 mm), a növekvő hőmérséklet, valamint az érési folyamatok vízigényének hatására a búza teljes gyökerezési zónájában (0-120 cm) 13-17 tf% értékre csökkent a talajnedvesség,

Ha a két tenyészév mérési eredményeit együttesen vizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy az őszi búza a 0-120 cm talajréteg vízforgalmára van hatással, Ezen a mélységtartományon belül is főként a 40-100 cm talajréteg vízvesztése volt a legintenzívebb és a legszembetűnőbb, Ennek alapján a búza gyökereinek legnagyobb része ebben a rétegben (40-100 cm) helyezkedik el, A felső 0-40 cm talajréteg nedvességforgalmára legnagyobb hatással az időjárás, azon belül is a csapadék és a hőmérséklet van, Az térfogatszázalékos értékek változása a tenyészidőszak folyamán itt volt a legdinamikusabb,

Az ábrák alapján az elővetemény vízforgalmat befolyásoló hatása is bebizonyosodik, Mindkét tenyészév kezdetén a trikultúrás vetésváltás talajában volt nagyobb mennyiségű víz kimutatható (2012-ben a 0-160 cm, 2013-ban a 80-200 cm talajrétegben, Bikultúrás vetésváltásban a búzát megelőző kukorica elővetemény vízfelhasználásából adódóan a 0-140 cm talajrétegben a holtvíztartalmat (16 tf%) megközelítették a görbék, Ezzel szemben trikultúrás vetésváltásban – mint elővetemény – a borsó előzi meg az őszi búzát, melynek sem vízfogyasztása, sem gyökerezési mélysége (maximum 60-100 cm) nem egyezik a kukoricáéval, Korán lekerül, a talaj vízkészletét nem meríti ki (SÁRVÁRI, 2005), Ez főként 2013-ban mutatkozik meg, amikor a talaj felső, 0-80 cm rétege volt száraz, közvetlenül a vetést megelőző időszakban,



2, ábra, A talaj nedvességtartalma (tf %) különböző vetésváltású őszi búza állományban a 2012/2013, évben (N<sub>100</sub>+PK)



**3, ábra, Az őszi búza vízhiányának dinamikai változása bi- és trikultúrában (Debrecen, csernozjom talaj, 2011/2012, 2012/2013)**

A tenyészidőszak folyamán viszont ez a jelenség ellenkezőjére fordult, a trikultúrában termesztett őszi búza talajában állapítottunk meg kisebb térfogatszázalékos értékeket a teljes tenyészidőszak folyamán. A borsó – hüvelyes növény lévén – a búza egyik legjobb előveteménye (JOLÁNKAI & SZABÓ, 2005), nitrogénmegkötő baktériumai által N-ben gazdagítja a talajt,

A kedvező tápanyagellátás hatására a növények vízfogyasztása is növekszik, így a trikultúrában – hüvelyes után – termesztett búza jobban kiszárítja a talajt, mint a bikultúrában, kukorica után vetett,

## **Bi- és trikultúrás búzaállomány talajának vízháztartási vizsgálata tartamkísérletben**

---

Összehasonlítottuk a 2012, és 2013, évi vízhiányértékeket (3, ábra), Az ábrából jól látható, hogy 2012-ben a októberében a talaj vízhiányértékei jóval kisebbek (71,9-82,4 mm) voltak a következő éves értékeknél mindkét vetésváltásban, mely a nyárvégi csapadékkal magyarázható,

2013-ban mind az augusztus, mind a szeptember száraz volt, ezt támasztják alá mindkét vetésváltás talajának vízhiányértékei (bikultúrában 255,7 mm, trikultúrában 213,4 mm), A téli csapadék „nedvességfeltöltő” hatásának eredményeként az áprilisban mért vízhiányértékek csökkentek mindkét évben, mindkét vetésváltás talajában (2012-ben 78,2-7,4 mm-rel, 2013-ban 113,7-46,8 mm-rel bi-és trikultúrában), 2012-ben – a májusi és júniusi eső ellenére – a búzaállomány növekvő vízfelhasználásának következtében, valamint az átlaghőmérséklet emelkedésével a talaj vízhiánya újra 200 mm fölött alakult és ez a tendencia megmaradt, szignifikánsan nem csökkentek, sőt trikultúra esetében 22,4 mm-rel növekedtek is az értékek a tenyészidőszak végéig,

2013-ban viszont az áprilisban mért vízhiányértékek a júniusi mérések alkalmaával is hasonlóan alakultak, szignifikáns eltérés nem állapítható meg (bikultúrában áprilisban 142 mm, júniusban 128,5 mm, míg trikultúrában áprilisban 166,6 mm, júniusban 164,5 mm voltak az értékek), Ez a márciusi nagy mennyiségű csapadék kedvező hatását mutatja, mely által kialakult nedvességviszonyok a későbbi hónapok csapadékával kiegészült, így a búzaállomány növekvő vegetatív és generatív fejlődésének vízigénye biztosítva volt, A betakarítás idejére megnövekedett a talaj vízhiánya (bikultúrában 47,9 mm-rel, trikultúrában 104,7 mm-rel) a fokozódó hőség, a júliusi kevés csapadék, valamint a növényállomány érési folyamatainak vízigénye következtében,

Vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy a csernozjom talaj vízkészletét a vetésváltás nagymértékben befolyásolja, A két vizsgált tenyészévben a két vetésváltási rendszer közül trikultúrában volt nagyobb a vízhiány az őszi búza teljes tenyészidőszakában, a legnagyobb értékeket itt kaptuk: 2012, áprilisában 39 mm-rel, júniusában 22,6 mm-rel, júliusában 56,6 mm-rel, míg 2013, áprilisában 24,6 mm-rel, júniusában 36 mm-rel, júliusában 92,8 mm-rel nagyobb volt a vízhiány trikultúrás vetésváltásban, A kapott vízhiányértékek is a borsó után vetett búza nagyobb vízfelhasználását bizonyítják, A vetés előtti vízhiányértékek pedig az elővetemények talaj vízháztartására gyakorolt eltérő hatását bizonyítják, A borsó elővetemény után visszamaradt talajnedvesség – még száraz nyár ellenére is – szignifikánsan több (a vízhiány 2012-ben 31,8 mm-rel, 2013-ban 42,3 mm-rel nagyobb bikultúrában), mint kukoricatarlóban, A borsó a kukoricával ellentétben jóval hamarabb betakarításra kerül, és kisebb vízfogyasztással jellemezhető növény, így a vetésváltásban utánuk következő növény számára nagyobb mennyiségű vizet hagynak vissza a talajban,

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4,2,4,A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósul meg, A kutatáshoz az eszközök és az infrastruktúra támogatásával a DEAGTC MÉK Növénytudományi Intézet járult hozzá,

### **Irodalomjegyzék**

FARKAS CS., TÓTH E, & VÁRALLYAY GY, (2004): A talaj fizikai tulajdonságainak vizsgálata talajművelési kísérletben, „AGRO-21” Füzetek, Agroökológia, Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei, 2004, (37) p, 111,

- HARSH, N, & DEEPTI G, (2006): Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants, *Environmental and Experimental Botany*, 58, p, 106–113,
- JAKAB P., FUTÓ Z., LÉVAI K, & NAGY P, (2004): A tápanyagellátás hatása az őszi búza fajták termésére, IV. Alföldi Tudományos Tájégzdálkodási Napok, Mezőtúr, Summaries, 113,p
- JOLÁNKAI M, & BIRKÁS M, (2009): Klímaváltozás és növénytermesztés, *Növénytermesztés: Gazdálkodás – Klímaváltozás – Társadalom*, Szerk.: Harcsa M., V, *Növénytermesztési Tudományos Nap*, p, 27-34,
- JOLÁNKAI M, & LEHOCZKY É, (2012): A Magyar Tudományos Akadémia Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Bizottságának állásfoglalása a vízgazdálkodás stratégiai kérdéseiről, *Agrokémia és Talajtan*, 61, évf, (2) p, 433-435,
- JOLÁNKAI M, & SZABÓ M, (2005): Búza, In: Antal J, (Szerk.): *Növénytermesztéstan 1, A növénytermesztéstan alapjai*, Gabonafélék, p, 183-211,
- KASSAI M, K., NYÁRAI H, F., MÁTÉ A., TARNAWA Á., SZENTPÉTERY ZS, & JOLÁNKAI M, (2012): Az évjárat hatása az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termés mennyiségére és – minőségére, *Talaj – Víz – Növény – kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben*, (Szerk.: Lehoczky É.) I, *Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap*, Debrecen, p, 197-204,
- KÁTAI J, (2006): Changes in Soil Characteristics in a Mono- and Triculture Long-term Field Experiment, *Agrochemistry and Soil Science*, 55, (1) p, 183-192,
- KLUPÁCS H., TARNAWA Á., BALLA I, & JOLÁNKAI M, (2010): Impact of water availability on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield characteristics, *Agrokémia és Talajtan*, 59, (1) p, 151–156,
- M., M., IBRAHIM, S., A., OUDA, A., TAHA, G., EL AFANDI, & S.,M, EID (2012): Water management for wheat grown in sandy soil under climate change conditions, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12, (2) p, 195-210,
- SZÉCSÉNYI M., CSERHÁTI M., ZVARA Á., DUDITS D, & GYÖRGYÉY J, (2013): Monitoring of Transcriptional Responses in Roots of Six Wheat Cultivars during Mild Drought Stress, *Cereal Research Communications*, 41, (4) p, 527-538,
- VÁRALLYAY GY, (2005): A magyar Alföld szélsőséges vízgazdálkodása és az ahhoz történő alkalmazkodás lehetőségei és korlátai, In: Pepó P, (szerk.): *Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: a modern növénytermesztés alapjai*, Tudományos ülés, Debrecen, p, 43-51,
- VÁRALLYAY GY, (2011): Water-dependent land use and soil management in the Carpathian Basin, *Növénytermelés*, 60, 2011, Suppl, (3) p, 297-300,
- VARGA B, & VEISZ O, (2013): A szimulált aszály hatásai az őszi búza produkciójára és vízforgalmára, In: Janda T, (szerk.): II, *ATK Tudományos Nap*, p, 85-88,
- ZHANG BU, C., HUANG G., B., & LI FENG-MIN (2007): Effect of Limited Single Irrigation on Yield of Winter Wheat and Spring Maize Relay Intercropping, *Pedosphere*, 17, (4) p, 529–537,

## A gödöllői műtrágyázási kísérlet 45 éve

Fülek György és Harta István

Szent István Egyetem, Környezettudományi Intézet, Talajtani és Agrokémiai Tanszék,  
Gödöllő E-mail? [fuleky.gyorgy@mkk.szie.hu](mailto:fuleky.gyorgy@mkk.szie.hu)

### Összefoglalás

A több mint 30 éves gödöllői műtrágyázási kísérletben, periódusonként más és más problémára kívántak választ kapni a kutatók, A közel állandó, növekvő adagú, intenzív műtrágyahasználat a 30 év során sohasem érte el célját, Általában csak a 150 kg-nyi vegyes hatóanyag növelte jelentősen a termés mennyiségét, a kontroll parcellákhoz képest, A műtrágyázás időleges szüneteltetése során visszaesett a termés mennyisége és jelentősen lecsökkent a talaj foszfor- és káliumtartalma, Az intenzív műtrágyázás hatására lecsökkent a talaj pH-ja, ugyanakkor megnövekedett a talaj foszfor- és káliumtartalma, Mésztrágyázással a talaj további savanyodása megállítható volt, A szerves trágyázás elsősorban a talaj foszfor- és káliumellátottságát növelte, A 3 m-es mélységben történt nitrát-N vizsgálatok kimutatták, hogy jelentős nitrát-N felhalmozódás történt a talajban a növények szükségleteit meghaladó N-műtrágyázás esetén, A műtrágyázást a területen 1995-ben megszüntették, azóta a tápelemekkel feltöltött talaj utóhatásainak vizsgálata történik, akác, illetve kocsánytalan tölgy agrárerdő állományban,

### Summary

Different answers have been provided by a more than 30 years old fertilization experiment in Gödöllő during the experimental periods, Intensive using of increasing portion of fertilizers was never as effective as expected, Only the treatment with an amount of 150 kg\*ha<sup>-1</sup> of mixed elements was able to increase the yield significantly compared to control parcels, Potassium and phosphorus content of soil and also the yield were decreasing during the periods without fertilization, The pH decreased but P and K content of soil increased by the effect of intensive fertilization, Acidification of the soil was stoppable with lime treatment, Due to using organic fertilization P and K content of the soil increased, High amount of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> was piled up in the deep soil in that case if the amount of used N-fertilizers exceeded the quantity what plants can utilize, Since fertilization was discontinued in 1995 a long-term effect of elements in the soil has been examined in a plantation of black locust and sessile oak,

### Bevezetés

Az intenzív mezőgazdasági gyakorlat elterjedésével, a növényi trágyázási módok is változtak, A magas terméseredmények elérése érdekében, az istállótrágyázás helyett, illetve mellett, a műtrágyahasználat vált általánossá, Az agrokémiai kutatások legfontosabb témájává így a műtrágyahasználat termésre és a talajra gyakorolt hatása vált, Az agrár-ökoszisztémákba került tápanyagok növényi életműködésre és a talaj tápanyagforgalmára gyakorolt hosszú távú hatásainak vizsgálatához legmegfelelőbbek a szabadföldi tartamkísérletek, A Gödöllői Agrártudományi Egyetemen alapított két trágyázási tartamkísérlet immár 45 éve szolgáltat eredményeket, A kutatások tématerületei az alapítás óta fokozatosan mentek át az intenzív műtrágyázás hatásainak vizsgálataiból, a környezetvédelmi témájú kutatások irányába, A kísérletben egyedülálló módon, immár 20 éve a műtrágyázás környezeti hatásait vizsgáljuk úgy, hogy a szántóföldi parcellákon akác, illetve kocsánytalan tölgy faállomány áll, Az eddig, illetve a jövőbeli kutatások eredményei tehát megoldásokat nyújtanak a műtrágyahasználat hosszú távú komplex kihívásaira,

## Anyag és módszer

A Gödöllői Agrártudományi Egyetem szárítópusztai kísérleti telepén 1970-ben, illetve 1972-ben létesítettek két műtrágyázási kísérleti területet, Jelenleg mindkét területen agrárerdő található (1, kísérleti terület: akácos, 2, kísérleti terület: tölgyes), A kísérleti területek telepen belüli elhelyezkedését az 1, *ábra* mutatja,



**1, ábra:** Az 1, kísérleti terület (akácos) és a 2, kísérleti terület (tölgyes) elhelyezkedése a Szárítópusztai Kísérleti Telepen (Forrás: Google Earth)

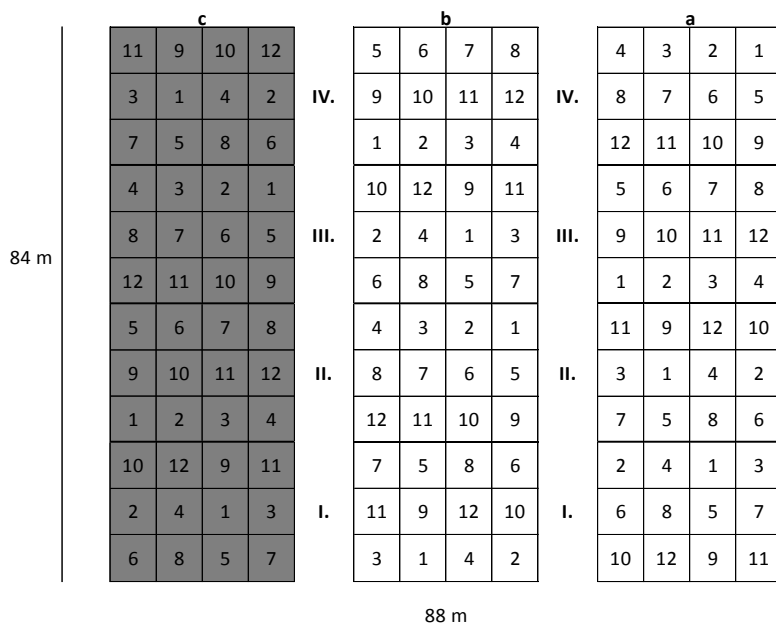
A kísérleti területek tájféldrajzi tekintetben a Gödöllői-dombság kistájhoz tartoznak, Talajtípusuk rozsdabarna erdőtalaj, amely lösszel kevert homok alapkőzeten alakult ki, A talaj kedvezőtlen vízgazdálkodási és tápanyag-ellátottsági tulajdonságokkal jellemezhető, A terület talajkémiai paraméterei a kísérletek kezdete óta, az aktuális kezelések hatására változtak, Alaptulajdonságait tekintve a talaj alacsony humusztartalommal (1,5 %), enyhén savanyú pH-val ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ : 5,0), gyenge foszfor- és káliumellátottsággal ( $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ : 34 mg/kg;  $\text{AL-K}_2\text{O}$ : 129 mg/kg) jellemezhető,

### 1, kísérleti terület:

A kísérleti területet 1970-ben hozták létre azzal a céllal, hogy különböző mennyiségű N, P és K műtrágyák hatásait vizsgálják a növények növekedésére és a termés minőségére, kukorica monokultúrában, Ehhez az 1 ha kiterjedésű területet 144 parcellára osztották fel, hogy a 12 különböző kezelést (közte a kontroll parcella) 12 ismétlésben végezhesék el, Mivel a kísérleti időszak kezdetén további vizsgálatok történtek növényvédő szerekre, két kezelési rendszerben, ezért a területet 3 oszlopra („a”, „b”, „c”) és négy blokkra (I., II., III., IV.) osztották, A kísérleti terület felosztását a 2, *ábra* mutatja,



## A gödöllői műtrágyázási kísérlet 45 éve



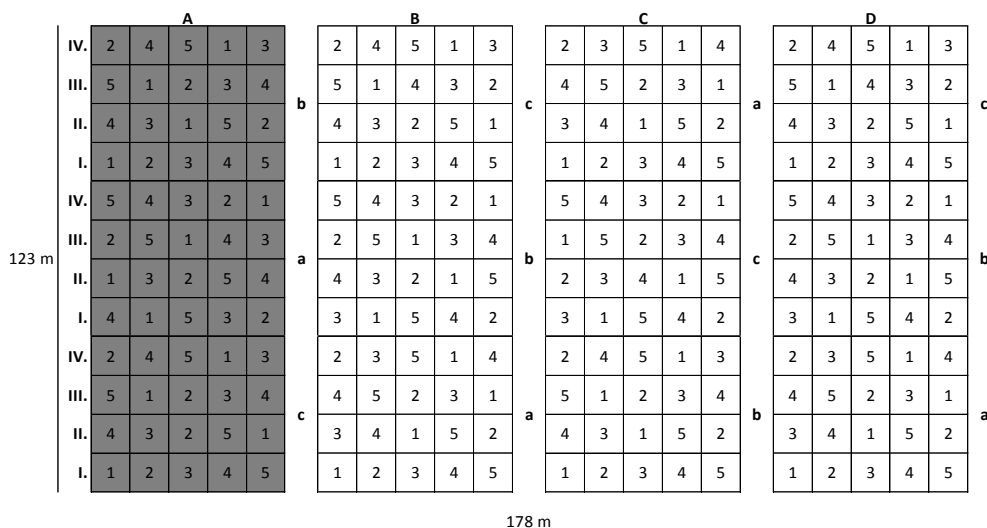
2, ábra: Az 1, kísérleti terület térképe (szürke („c” oszlop): HARTA (2015) mintaterületei)

A 12 műtrágyakezelést összesen 16 éven keresztül vizsgáltuk, ez után 1986 és 1990 között, négy éven keresztül évi 1,5 t CaCO<sub>3</sub>-ot juttattunk ki a terület felére, a felső 70-cm-es talajrétegbe, talajjavítás céljából. Az ezt követő extenzív termesztési szakaszban lucernát, majd zabot termesztettünk a területen. Az akác telepítése 1995-ben történt. A faállomány telepítését követően két, a NO<sub>3</sub>- mélységi felhalmozódását kutató talajvizsgálat történt (SZOVÁTI et al, 2006, Tolner et al, 2010), Szintén 2006-ban készült kutatás a területen, ahol a talaj felső rétegének kémiai tulajdonságait és az állományszerkezeti paramétereket vizsgálták (OCKERT 2006),

2015-ben állományszerkezeti vizsgálatok történtek a kísérleti terület „c” oszlopában (Harta 2015), Ekkor megállapításra kerültek a legfontosabb külső és belső szerkezeti paraméterek, úgy, mint a növtér, színezettség, lombkorona-záródás (L %), cserjeszint-záródás (Cs %), körlepősszeg (G, m<sup>2</sup>/ha), átlagos mellmagassági átmérő (D, cm) és az átlagmagasság (H, m), valamint a fatérfogat (V, m<sup>3</sup>/ha) (VEPERDI 2008). A statisztikai kiértékelés során a kapott szerkezeti paraméterek közötti különbségek megállapításához kétváltozós (műtrágyázás és meszezés) varianciaanalízist, a műtrágyázás utóhatásainak vizsgálatához lineáris korrelációanalízist használtunk (HARTA 2015),

### 2, kísérleti terület:

1972-ben hozták létre a kísérleti területet, ahol először (1972 – 1980) szintén az intenzív műtrágyahasználat és a növényvédelem hatásait vizsgáltuk különböző jelzőnövényekkel. A főbb vizsgálati szempont a termés mennyisége és minősége volt öt különböző műtrágya szinten (0, 150, 300, 600, 900 kg N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O/ha/év, megoszlás: 1,7:1:1,3). Vetésváltást alkalmaztunk őszi búza, kukorica, burgonya és cukorrépa jelzőnövényekkel, 3 szakaszon (A, B, C), A kezelések 4 ismétlésben szerepeltek (I-IV), 3 blokkban (a, b, c) (Kovács & Füleky 1991), A kísérleti terület felosztását a 3, ábra mutatja,



**34. ábra: A 2. kísérleti terület alapkísérletének térképe (szürke: a tölgyes állomány elhelyezkedése)**

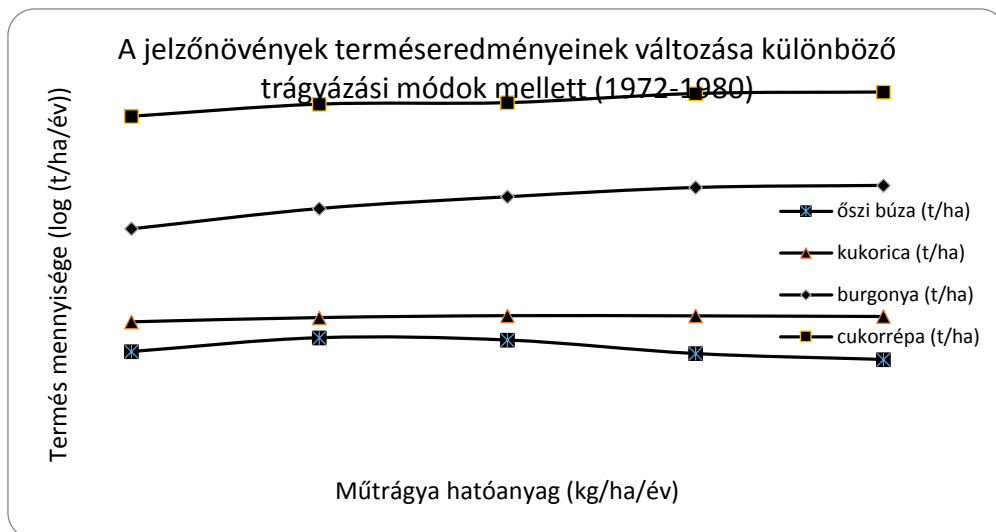
A második időszak alatt (1980 – 1986) az intenzív trágyázás mellett 3 évre előtrágyázást alkalmaztunk, P és K hatóanyagú műtrágyákkal, A 600 kg-os műtrágyaadagot 450 kg-ra, a 900 kg-osat pedig 600 kg-ra csökkentettük, A fő- és melléktermékek mennyiségén túl mértük a termés N, P, K Ca, Mg, Fe, Mn, Zn és Cu tartalmát, A harmadik időszakban (1986 – 1992) meszezéssel (1,5 t/ha  $\text{CaCO}_3$ ) és szerves trágyázással (30 t/ha istállótrágya) javítottuk a talajt, illetve vizsgáltuk a hatásokat a fő- és melléktermés mennyiségére, A negyedik időszak folyamán (1992 – 1998) félintenzív és extenzív földhasználat hatásait vizsgáltuk kukorica, búza, rozs, zab, lucerna és árpa jelzőnövényekkel, illetve gyepen, A tölgycsemeték telepítése 1999-ben történt, a terület „A” szakaszára, A „B” és a „C” szakaszt megszüntettük, a tölgyállományban mérések azóta nem voltak (KOVÁCS & FÜLEKY 1991),

Talajvizsgálatokat 1980-ban, 1983-ban, 1986-ban és 1998-ban végeztünk, melyek során a talajok AL-P és AL K tartalmát, pH, humusz és mikroelem tartalmát, illetve talajok mélységi nitrát eloszlását vizsgáltuk ((KOVÁCS & FÜLEKY 1991),

### Eredmények és Értékelésük

#### A szántóföldi vizsgálatok eredményei:

Az alábbi, 4. ábrán láthatóak az intenzív műtrágyázási szakaszban vizsgált jelzőnövények terméseredményei, az alkalmazott trágyázás függvényében,

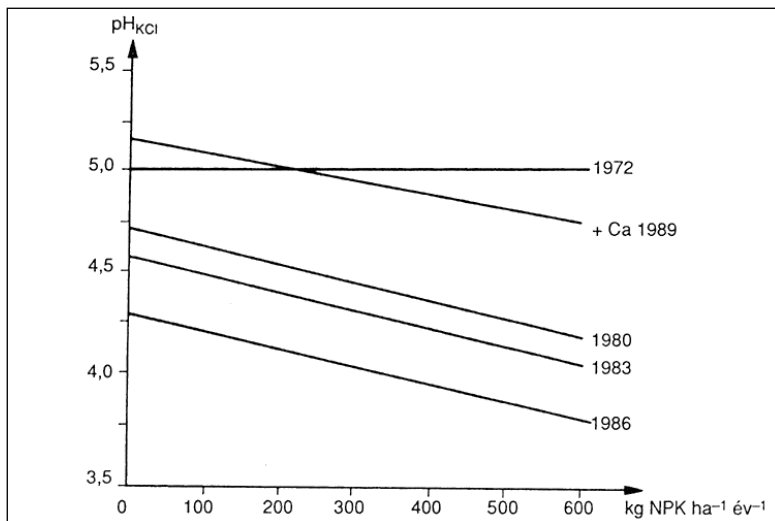


4. ábra: intenzív műtrágyázási szakaszban vizsgált jelzőnövények terméseredményei (log x), az alkalmazott trágyázás függvényében (Kovács et Füleky 1991 alapján)

Az őszi búza termése 4 t/ha/év körüli volt a kontrollparcellákon, amit a mértékletes műtrágyázás (150 kg/ha NPK) kismértékben növelni tudott, a nagyobb műtrágyaadagok már terméseszkökenést okoztak. A kukoricánál a termés mennyisége 5 t/ha/év körüli volt az adott talajon, amit a műtrágyázás kismértékben növelni tudott. A burgonya esetében az átlagos 12 t/ha/éves eredmény 17 t/ha/évre növelhető volt magasabb műtrágyaadagokkal, ami jó terméseredménynek felel meg. Cukorrépa esetében 32 t/ha/év termett, ami nagy adagú műtrágyázással is csak 35-40 t/ha/év mennyiségre volt növelhető. A cukorrépa termesztése a területen így nem gazdaságos. A második időszakban a trágyázással nem kezelt területek alacsony terméseredményeket produkáltak, míg az előretrágyázás növelte a termés mennyiségét. A mész- és szervesztrágyázás őszi búzánál szignifikáns termésmenövekedést eredményezett, kukorica, szója és burgonya esetében viszont nem okozott jelentős termésmenövekedést. A mésszel és szervesztrágyával nem kezelt területeken a nagy műtrágyaadagok termésdepressziót okoztak ((KOVÁCS & FÜLEKY 1991),

### Talajvizsgálati eredmények:

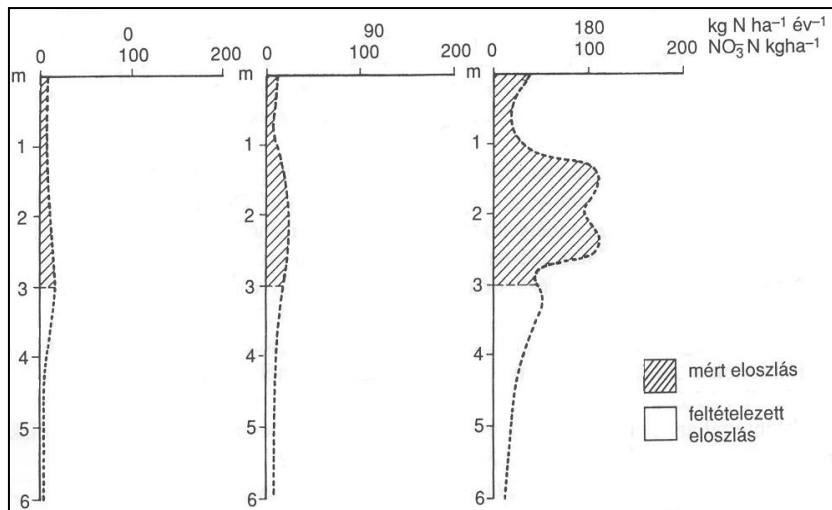
Az első időszak intenzív műtrágyázásának eredményeképp a talaj pH és az oldható Ca-, illetve Mg-tartalma lecsökkent (pH akár 3,7-es értékre). A második időszakban, azokon a parcellákon, ahol előretrágyázást alkalmaztunk (3, illetve 6 év), a talaj savanyodása mérséklődött. Az ezt követő mésztrágyázás már növelte a talaj pH-t (5. ábra),



5, ábra: A növekvő műtrágya adagok és a környezeti hatása a talaj pH-jára 16 év után (FÜLEKY & SÁRDI 2014)

Az intenzív műtrágyázás és az előretrágyázás (feltöltés) hatására a talaj oldható foszfor-, káliumtartalma növekedett, a trágyázás elhagyása után nagymértékben csökkent, A mangántartalom szintén növekedett a nagyadagú műtrágyákkal kezelt parcellák talajában, A kijuttatott istállótrágya hatására növekedett a talaj oldható foszfor- és káliumtartalma (Kovács et Fülek 1991),

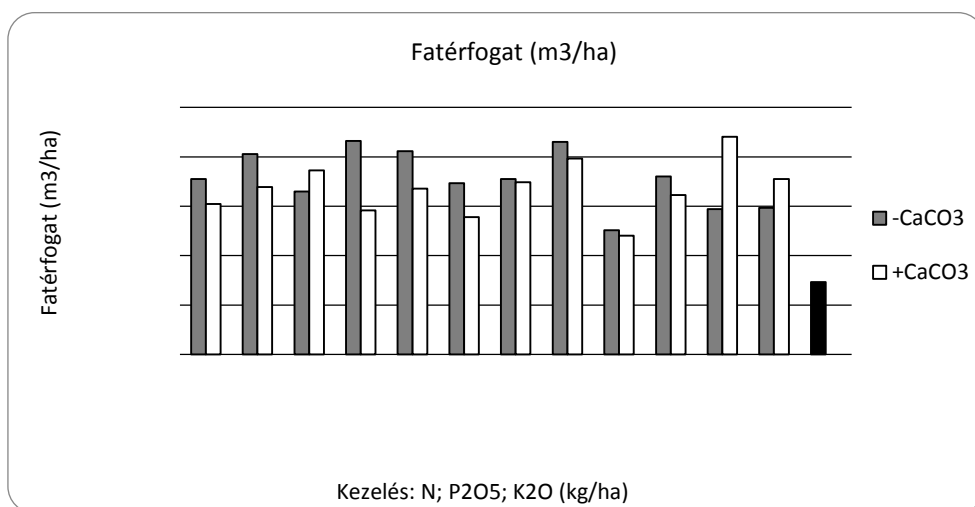
A többévi műtrágyázás hatására a talaj 3 m-es mélységében nagy mennyiségű NO<sub>3</sub>-felhalmozódását észleltük, A nitrátrágyával nem kezelt parcellákon és a talaj felsőbb rétegeiben jóval kevesebb nitrátot lehetett kimutatni, A nagyobb nitrogén műtrágya adagok esetén akár 2000 kg nitrát-N is felhalmozódott a talaj felső 3 m-es mélységében (6, ábra) (Kovács et Fülek 1991),



6 ábra: 16 évi N-műtrágyázás hatása a talajszelvény nitrát N-tartalmára (FÜLEKY & SÁRDI 2014)

### Az akácos szerkezeti eredményei:

Az akácosban végzett vizsgálatok alapján az állomány két szintre különül el, a lombkoronaszintre és a cserjeszintre (4-6 m magas cserjék és akácok), A lombkoronaszint záródási értékei (L %) között nincs szignifikáns különbség a meszezett és meszezetlen parcellák között, a cserjeszint záródási értékei (Cs %) között azonban szignifikáns különbség van, A meszezés hatására szignifikáns különbségek a törzsszám, az átlagos mellmagassági átmérők és az átlagmagasságok között adódtak, A korábbi műtrágyázás hatására adódtak szignifikáns különbségek minden szerkezeti paraméter esetében, A lineáris korrelációvizsgálat alapján nem lehet egyértelműen a kijuttatott műtrágyák hatásának tulajdonítani az állomány egyes paramétere közötti különbségeket, Igen laza korrelációs kapcsolatot a kijuttatott foszfor és kálium hatóanyagok, illetve a lombkorona-záródás értékei között áll fenn (P:  $r^2=0,36$ ; K:  $r^2=0,37$ ) (HARTA 2015), A fatérfogati értékek változását a műtrágyázás és a meszezés hatására, a 7. ábra szemlélteti,



5. ábra: A fatérfogati értékek a műtrágyázás és a meszezés alapján (HARTA, 2015)

A fatérfogati értékek 123 és 207 m<sup>3</sup>/ha között változnak, A faállományt a térfogati értékek átlaga alapján a II- és III., az átlagmagassági értékek alapján a IV, és V, fatermési osztályba lehet besorolni, Magyarország egyik legjobb minőségű akácosaiban megszerkesztett fatermési tábla (RÉDEI et al., 2011) szerint (HARTA, 2015),

### Következtetések

Gödöllőn, a Szárítópusztai Kísérleti Telepen lévő két műtrágyázási tartamkísérlet immár 45 éve szolgáltat adatokat a trágyázással összefüggő tudományos problémákhoz, A kezdetek óta úgy az intenzív, nagyadagú műtrágyázás, mint a szerves trágyázás, talajjavító meszezés és az extenzív termesztés hatásait is vizsgáltuk, Az eredmények alapján, az adott termőhelyen a nagy adagú műtrágyák sem növelték számottevően a termés mennyiségét, sőt néhány éven belül termésvisszaesést okoztak, A talaj kémiai tulajdonságaiban szintén jelentős változások mentek végbe a műtrágyák hatására, néhány év múlva már talajjavításra volt szükség, A környezetvédelmi szempontból legsúlyosabb következmény, a talaj mélyebb rétegeiben felgyülemlt nitrát mennyiség, a nitrogén műtrágyák hatására,

A terméseredmények mennyiségén és minőségén túl, egyre inkább előtérbe került a műtrágyázás hosszú távú környezetvédelmi vonatkozásainak kutatása, így került sor a két terület faállománnyal történő betelepítésére is. A faállományokban történő, környezetvédelmi célú vizsgálatok a jövőben választ adhatnak arra, hogy a tápelemekkel különböző mértékben feltöltött talaj miként befolyásolta a fák növekedését illetve, hogy a kialakuló erdei ökoszisztéma hogyan befolyásolja a tápelemek körforgását és a termőhely tulajdonságait,

### Irodalomjegyzék

FÜLEKY Gy, & SÁRDI K, (2014): Tápanyag-gazdálkodás mezőgazdasági mérnököknek, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 253 p,

HARTA I, (2015): Műtrágyázás tartamhatásának vizsgálata akácosban, Diplomamunka, Szent István Egyetem, Gödöllő, 54 p,

KOVÁCS K, & FÜLEKY Gy, (1991): Trágyázási tartamkísérlet eredményei Gödöllő barna erdőtalajon, 1972-1990, Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, 274 p,

OCKERT, J, (2006): Biomasse- und Nährstoffbilanzierung für einen unterschiedlich gedüngten 11jährigen Robinienbestand (*Robinia pseudoacacia* L.) auf einer ehemaligen landwirtschaftlichen Dauerversuchsfläche bei Gödöllő (Ungarn), Diplomaarbeit, Westungarische Universität, Sopron, 157 p,

RÉDEI K., CSIHA I., KESERŰ Zs., KAMANDINÉ VÉGH Á, & RÁSÓ J, (2011): Nyírségi akácosok táji fatermési táblája, Erdészettudományi Közlemények, 1 (1): 115 – 124,

SZOVÁTI K., FÜLEKY Gy, & TOLNER L, (2006): Nitrate accumulation in the soil affected by nitrogen fertilization, Bulletin of the Szent István University Gödöllő 2006, 97-104,

TOLNER L., VÁGÓ I., SIPOS M., TOLNER I, & FÜLEKY Gy, (2010): Energiaerdő hatása a talaj nitrát tartalmának mélységi eloszlására, (The effect of energy plantations on the depth distribution of soil nitrate-ions,) XII, Nemzetközi Tudományos Napok (12-th International Scientific Days, XII, Internationale Wissenschaftliche Tagung), Gyöngyös, 2010,03,25-26, Programme 174,

VEPERDI G, (2008): Erdőbecsléstan, NyME jegyzet, Sopron, 109 p,

**A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat vizsgálata a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben**

*Henzsel István és Hadházy Ágnes*

*DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, 4400 Nyíregyháza, Westsik V, u, 4–6,  
E-mail:[henzsel@agr.unideb.hu](mailto:henzsel@agr.unideb.hu)*

**Összefoglalás**

A Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben vizsgáltuk, hogy a talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolatban mutatható-e ki különbség a vetésforgó kísérletek között. A nagyobb humusztartalmak azokban a vetésforgókban voltak, ahol nagyobb adagú szalmatrágyázást végeztünk (VII.), vagy ahol a vetésforgó ciklus alatt fő- és másodvetésben is természetünk csillagfürtöt, míg a kisebb értékek a trágyázás nélküli kezelésben, valamint a fővetésű csillagfürt termesztéses vetésforgókban voltak. A rozstermés nitrogéntartalma szignifikánsan nagyobb volt a műtrágya nélküli istállótrágyás vetésforgóban, mint a műtrágya nélküli szalmatrágyás vagy a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses vetésforgókban. A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat szorosabb volt a trágyázás nélküli, a fővetésű zöldtrágyás és a csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses vetésforgókban, mint az istállótrágyás, a szalmatrágyás, vagy a másodvetésű zöldtrágyás kezeléseknél. Egy dombos területen, ahol heterogén a talaj humusztartalma, istálló- vagy szalmatrágya kijuttatása mellett kevésbé függ a rozstermés nitrogéntartalma a talaj humusztartalmától, így kiegyenlítettebb minőségű termést kapunk.

**Summary**

We examined whether there is any difference between soil humus content and the nitrogen content of rye among the treatments of Westsik's long-term field experiment. We measured the highest humus content of soil after applying the highest rate of straw manure (VII) or growing main and second crop green lupine manure. We measured the lowest humus content of soil in crop rotations without fertilizers and in crop rotations where green lupine manure was grown as a main crop. The rye yield was significantly higher in the treatments where farmyard manure was used without any mineral fertilizer while the yield was lower in the rotations treated with straw manure without any fertilizer or in green forage lupine treatments. There was a closer connection between soil humus content and rye nitrogen content in the treatment without any fertilizer, the main and second crop green lupine manure treatments than in the farmyard manure, straw manure and second crop green manure treatments. According to our results, in that hilly area with varying soil humus content, the applied farmyard and straw manure decrease the dependence of the rye nitrogen content on soil humus content, and result in a more balanced quality of rye yield.

**Bevezetés**

A talaj szervesanyag-tartalma, a humusz nagy szerepet játszik a talaj termékenységének fenntartásában. A humusz alakítja a talaj szerkezetét, kedvezően befolyásolja a talaj víz- és levegőgazdálkodását. A szerves anyag mineralizációja során felvehető tápelemekkel

látja el a mikroorganizmusokat és a növényeket, A talajban található nitrogén mintegy 95%-a szerves kötésben van, így a humusz fontos nitrogén-forrás (STEFANOVITS, 1992; FILEP, 1995),

A nitrogén a fehérjék nélkülözhetetlen alkotórésze, Megtalálható számos koenzimben, alkaloidákban és a klorofillban is, A nitrogén közvetlen hatással van a növények növekedésére, szervesanyag-termelésére, Elégtelen nitrogén ellátás esetén fejlődési zavarok lépnek fel, a növény alsó levelei sárgulnak, majd elszáradnak, szára elvékonyodik, a termés tartalék fehérjének képződése akadályoztatva lesz (PETHŐ, 1993; BUZÁS, 1983; DEBRECZENI & SÁRDI, 1999),

Westsik a homoktalajok termékenységének javításához meghatározónak tartotta a talaj szervesanyag-tartalmának növelését, ezért létrehozott egy olyan kísérletet, ahol különféle szerves trágyázási módok, valamint azok NPK műtrágyás kombinációi találhatók, Westsik a kezelések hatásait többnyire a terméseredményeken keresztül mutatta be (WESTSIK, 1941; WESTSIK, 1951), A Westsik-féle kísérletben LAZÁNYI (1994) a terméseredmények mellett vizsgálta a termésmennyiségek és a talaj humusztartalmának összefüggéseit, de a humusztartalom és a termések beltartalmi értékei közötti kapcsolatokra vonatkozóan nincsenek irodalmi adatok,

A DE AKIT Nyíregyházi Kutatóintézetében található Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben vizsgáltuk, hogy hogyan alakul a talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma napjainkban, valamint, hogy a két tulajdonság kapcsolatában mutatható-e ki különbség a vetésforgó kísérletek között,

### Anyag és módszer

A kísérletet 1929-ben állította be Westsik Vilmos, A kísérlet célja a savanyú kémhatású, laza homoktalaj termékenységének növelése, A talaj vizes oldatban mért pH értéke 4,94-6,09, a kálium-kloridban mért pH 3,89-5,15, A talaj Arany-féle kötöttségi értéke 27-29, Az AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalom 29,39–202,00 mg/kg, az AL-oldható K<sub>2</sub>O-tartalom 59,54 és 184,40 mg/kg közötti, A kísérlet egy dombvonulaton található, mely a Nyírség heterogenitását jól reprezentálja, A kísérlet 15 vetésforgót foglal magába, melyek közül 14 hároméves, egy pedig négyéves, A vetésforgók szakaszait az 1. táblázat mutatja be, A rozs a vetésforgók mindegyikében szerepel, A kísérletben a rozson kívül burgonya, csillagfűrt és zabosbükkyöny található,

A kísérlet trágyakezeléseit a 2. táblázatban tüntettük fel, Az I. vetésforgó nem részese sem szerves, sem műtrágyázásban, A II. vetésforgóban fővetésű csillagfűrt zöldtrágyázást, a VIII., XII., XIII., XIV. és XV. vetésforgókban pedig másodvetésű csillagfűrt zöldtrágyázást végzünk, A másodvetésű zöldtrágyás vetésforgók közül a XII. vetésforgóban korábban (május elején) vetjük a zöldtrágyanövényt, míg a többi esetében később (július végén – augusztus elején), A zöldtrágyanövény leszántási idejében is vannak különbségek a vetésforgók között: tavaszi leszántásúak a VIII., XIII., XV., míg őszi leszántásúak a XII. és XIV. vetésforgók, A csillagfűrt talajtermékenységre gyakorolt hatását tanulmányozhatjuk egyéb termesztési céllal is: a csillagfűrt magának van vetve a III. és VIII., míg zöldtakarmánynak a IX. vetésforgóban, Szalmatrágyát a IV., V., VI. és VII., istállótrágyát a X. és XI. vetésforgókban juttatunk ki, A szalmatrágyák erjesztési módjukat tekintve különbözőek: a IV. vetésforgóban erjesztés nélküli, az V. vetésforgóban N-műtrágyával erjesztett, míg a VI. és VII. vetésforgókban az erjesztés műtrágya nélkül, vízzel történik, A 15 vetésforgó közül 4 műtrágya nélküli, míg 11



## A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat vizsgálata a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben

vetésforgóban NPK műtrágyázást is végeztünk, A műtrágyázáshoz ammónium-nitrát (34%), szuperfoszfát (18%) és kálium-szulfát (50%) műtrágyákat használtunk,

**1, táblázat, A Westsik-féle kísérlet vetésforgó szakaszai**

Vetésforgó	1, szakasz	2, szakasz	3, szakasz	4, szakasz
I,	Parlag	Rozs	Burgonya	
II,	Csillagfűrt zöldtr,	Rozs	Burgonya	
III,	Csillagfűrt	Rozs	Burgonya	
IV,	Rozs	Burgonya	Rozs	
V,	Rozs	Burgonya	Rozs	
VI,	Rozs	Burgonya	Rozs	
VII,	Rozs	Burgonya	Rozs	
VIII,	Csillagfűrt	Rozs + csf, ztr,	Burgonya	Rozs
IX,	Csillagfűrt zöldtak,	Rozs	Burgonya	
X,	Zabos bükköny	Rozs	Burgonya	
XI,	Zabos bükköny	Rozs	Burgonya	
XII,	Rozs ztak,+csf, ztr,	Rozs	Burgonya	
XIII,	Rozs + csillf, zöldtr,	Burgonya	Rozs	
XIV,	Rozs + csillf, zöldtr,	Burgonya	Rozs	
XV,	Rozs + csillf, zöldtr,	Burgonya	Rozs	

**2, táblázat, A Westsik-féle kísérlet vetésforgó ciklus alatti trágyaadagjai**

Vetésforgó	Szerves trágya (t/ha)			Műtrágya hatóanyag (kg/ha)		
	Zöldtrágya	Szalmatrágy	Istállótrágy	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
I,						
II,	fővetésű			43	94	84
III,				43	94	84
IV,		3,5		108	94	84
V,		11,3		108	94	84
VI,		26,1		108	94	84
VII,		26,1				
VIII,	másodvetésű			86	94	84
IX,				86	94	84
X,			26,1			
XI,			26,1	43	94	84
XII,	másodvetésű			43	94	84
XIII,	másodvetésű			86	94	84
XIV,	másodvetésű			86	94	84
XV,	másodvetésű					

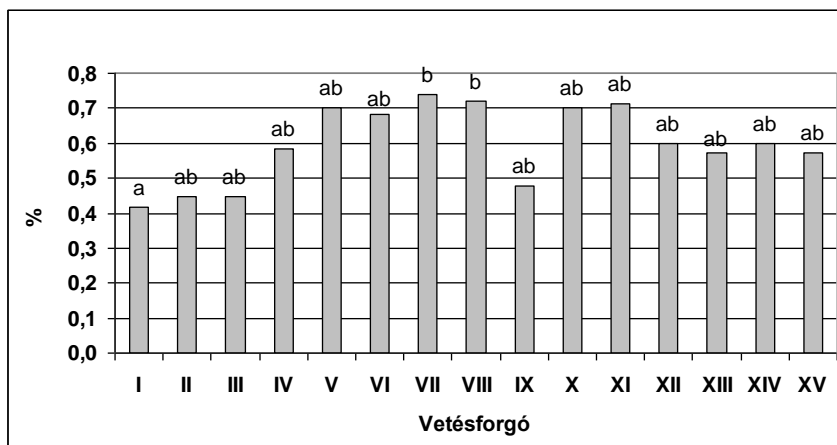
A vizsgálatokhoz a rozs parcellákban 5-5 mintaterületet alakítottunk ki a domborzat változásának megfelelően, A növénymintákat a rozs betakarítását megelőzően, a talajmintákat pedig a rozs betakarítását követően, a felső 25 cm-es talajrétegből 2011-ben szedtük, A rozs szemtermés nitrogéntartalmának meghatározása az MSZ-08-1783-6:1983, a talaj humusztartalmának megállapítása az MSZ 21470:1983, 2 vizsgálati módszer szerint történt,

Az adatok értékelése egytényezős varianciaanalízissel történt ( $p < 0,05$ ), majd az átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet használtunk, A humusztartalom és a rozstermés nitrogéntartalma közötti összefüggés vizsgálatához Pearson-féle korrelációt alkalmaztunk,

## Eredmények

### Humusztartalom

A humusztartalom-vizsgálat eredményei az 1. ábrán láthatók, A legkisebb értéket az I, trágyázás nélküli vetésforgó talajában találtuk (0,42 %), A talaj humusztartalma a fővetésű csillagfürtös II., III., és IX, vetésforgókban 0,45 és 0,48 % közötti, a másodvetésű csillagfürt zöldtrágyás XII., XIII., XIV., és XV, vetésforgókban 0,57 és 0,60 % közötti, A fő- és másodvetésű csillagfürtös VIII, vetésforgóban 0,72 %, a szalmatrágyás IV., V., VI., és VII, vetésforgókban 0,58 és 0,74 % közötti, és az istállótrágyás X, és XI, vetésforgókban 0,70 és 0,71 % volt,



**1. ábra, Humusztartalom a Westsik-féle vetésforgó kísérlet rozsparelláinak talajában, A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbséget jelölik (Tukey-teszt,  $p < 0,05$ ),**

A talaj humusztartalma a VII, szalmatrágyás és a VIII, fő- és másodvetésű csillagfürt-termesztéses vetésforgókban szignifikánsan is nagyobb volt, mint az I, tápanyag-utánpótlás nélküli vetésforgóban,

A trágyázási módokat összehasonlítva a szalma- és istállótrágyázás hatására (IV, V., VI., VII., X., XI,) valamelyest nagyobb volt a talaj humusztartalma, mint a zöldtrágyázás alkalmazásakor (II., XII., XIII., XIV., XV,),

## **A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat vizsgálata a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben**

---

Az istállótrágya kedvező hatását tapasztalta KISMÁNYOKI & BALÁZS (1995) is, Barna erdőtalajon beállított szerves- és műtrágyázási tartamkísérletükben a műtrágya nem, míg az istállótrágya növelte a talaj humusztartalmát, Hasonló eredményre jutott CVETKOV et al, (2010) is, Tartamkísérletükben a szerves széntartalmat vizsgálták, és megállapították, hogy az ásványi N-trágya növelte ugyan a szerves széntartalmat a talajban, azonban szignifikáns különbséget csak az istállótrágyás kezelések eredményezték a kontrollhoz viszonyítva,

LOCH & NOSTICZIUS (1992) az istállótrágyázás humusznövelő hatását azzal magyarázzák, hogy az istállótrágya szerves anyagának egy része ugyan könnyen lebontható, ezek szolgálnak a növények számára tápanyagnak, a többi része viszont nehezen bontható vegyületekből áll, A nehezen bontható anyagok a talaj szervesanyag-készletét gyarapítják, melyekből a tartós humusz keletkezik, Amikor mi istállótrágyát, vagy szalmatrágyát juttatunk ki, amellett hogy szerves anyagot viszünk kívülről a területre, olyan nehezen bontható anyagokat is kijuttatunk, melyek növelik a talaj szervesanyag-tartalmát, és emelkedni fog a talaj humusztartalma is, Ezzel szemben, amikor zöldtrágyanövényt termesztünk és a talajba dolgozzuk, egy könnyen lebomló szerves-anyagot juttatunk a talajba, mely döntően tápelemeket szolgáltat az utónövénynek, de nem növeli jelentősen a talaj humusztartalmát,

A humusztartalmat befolyásolhatja a vetésszerkezet is, A csillagfűrt-termesztéses vetésforgók adatait vizsgálva megfigyelhető, hogy a másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, ahol a vetésforgó ciklus alatt kétszer is van roz, tendenciájában nagyobb a talaj humusztartalma, mint a fővetésű csillagfűrtös vetésforgókban, ahol a vetésforgó ciklus alatt hasonló arányban van roz, burgonya és csillagfűrt növény, Ennek oka a szerves anyag ásványosodásával magyarázható, A pillangós növények származékai szűk C:N arányú szerves anyag, mely gyorsan le tud bomlani, míg a kalászosok szalmája tág C:N arányú és nehezebben lebomló szerves anyag, Amikor olyan vetésszerkezetet alakítunk ki, ahol a kalászosok dominálnak, gyakrabban, több nehezen bomló anyag kerül a talajba, melynek eredményeképpen emelkedhet a talaj humusztartalma a kapás-pillangós vetésszerkezetű területekhez viszonyítva,

### ***A rozstermés nitrogéntartalma***

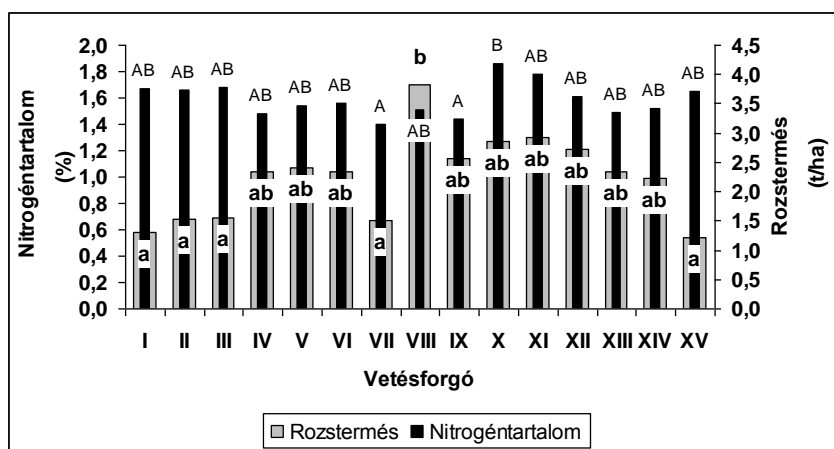
A rozstermés nitrogéntartalma 1,40 és 1,90 % közötti volt a kísérletben, A nitrogéntartalom 1,50 % alatti volt a IV, erjesztés nélküli szalmatrágyás, a VII, műtrágya nélküli szalmatrágyás, a IX, csillagfűrt zöldtakarmány-termesztéses és a XIII, másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, 1,50 és 1,60 % közötti értéket találtunk az V, és VI, erjesztett szalmatrágyás, a VIII, fő- és másodvetésű csillagfűrtös és a XIV, másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, A nitrogéntartalom 1,60 és 1,70 % közötti volt az I, trágyázás nélküli, a II, fővetésű zöldtrágyás, a III, csillagfűrt magtermesztéses és a XII, és XV, másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, A két legnagyobb értéket a X, és XI, istállótrágyás vetésforgókban mértük (1,78 és 1,86 %),

A különféle szerves trágyák eltérő hatással voltak a rozstermés nitrogéntartalmára, A csillagfűrt-termesztéses vetésforgókat egymással összehasonlítva a következő tendenciák figyelhetők meg: ahol kisebb volt a rozstermés (II., III., XV.), ott az átlagostól (>1,59%) nagyobb volt a termés nitrogéntartalma, illetve ahol ezektől nagyobb volt a termés (VIII., IX., XIII., XIV.), ott a rozstermés nitrogéntartalma valamelyest csökkent (2. ábra), A szalmatrágya a többi trágyaformához viszonyítva inkább kedvezőtlen hatású volt, A szalmatrágyás vetésforgó (VII.) rozstermése a kontrolléhoz (I.) viszonyítva valamelyest

növekedett ugyan, de így is kicsi volt, és a termés nitrogéntartalma pedig a legkisebb volt a többi kezeléshez viszonyítva, A legkedvezőbb hatású az istállótrágya volt, Az istállótrágyás vetésforgókban (X., XI.) a nagy termések mellett a két legnagyobb nitrogéntartalmat találtuk,

A különböző szerves trágyák mellett kijuttatott nitrogén műtrágya csak kismértékben befolyásolta a rozstermés nitrogéntartalmát, Bizonyos tendenciák azonban megfigyelhetők, Az azonos szerves trágya formájú kezelések műtrágyás és műtrágya nélküli párjait egyenként összehasonlítva, a nitrogén műtrágya a szalmatrágyás kezelésnél a termés növelés mellett a szemtermés nitrogéntartalmát is emelte (VI-VII.), Az istállótrágyás (X-XI.) és a zöldtrágyás (XIII., XIV-XV.) kezeléseknél a rozstermés szintén nőtt a műtrágyázott kezeléseknél a műtrágya nélküliekhez viszonyítva, de a termés nitrogéntartalma csökkenő tendenciát mutatott a műtrágyás vetésforgók műtrágya nélküli párjaihoz hasonlítva, un, hígulási effektus volt megfigyelhető,

A termés mennyiségét, a termések nitrogén- és fehérjetartalmát N-műtrágyákkal látványosan lehet emelni (LÁSZTITY et al., 1984; ANDA, 1987; TÓTH & KISMÁNYOKY, 2009), Azonban kísérletünk adataiból láthatjuk, hogy szerves trágyákkal műtrágyák nélkül is tudjuk növelni a rozstermés nitrogéntartalmát, Ennek jelentőségét az adja, hogy olyan esetekben, ahol nem lehet műtrágyázni, pl, ökológiai gazdálkodású területeken, a kísérletben alkalmazott termesztéstechnológiával hosszú időn keresztül ásványi trágyák használata nélkül is van lehetőség megfelelő beltartalmi értékű termés előállítására,



**2, ábra, A rozstermés és a rozstermés nitrogéntartalma a Westsik-féle vetésforgó kísérletben, A különböző betűk az átlagok közötti szignifikáns különbséget jelölik (Tukey-teszt,  $p < 0,05$ ),**

A nitrogéntartalom ismeretének jelentőségét növeli, hogy a nitrogéntartalomból következtetni lehet egy olyan fontos termés minőségi mutatóra is, mint a fehérjetartalom, amelyet a nitrogéntartalomból egy 6,25-ös szorzófaktor segítségével ki lehet számolni (CSAPÓ & CSAPÓNÉ KISS, 2003), A kísérletünk adataival számolva a legkisebb fehérjetartalom 8,8% (VII.), míg a legnagyobb 11,6% volt (X.), A két érték közötti különbség 2,8%, Megállapíthatjuk, hogy a kísérletben alkalmazott kezelésekkel jelentősen tudtuk befolyásolni a rozstermés fehérjetartalmát,

## **A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat vizsgálata a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben**

---

### ***A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat***

A vetésforgók talajának humusztartalma és a rozstermések nitrogéntartalma közötti összefüggés-vizsgálat eredményei a 3. táblázatban láthatók, A szignifikancia szintet \*\*=1%-on, és \*=5%-on jelöltük,

A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat gyenge volt az V, és VII, szalmatrágyás, a X, istállótrágyás és a XIII., XIV, és XV, másodvetésű zöldtrágyás vetésforgók esetében, A kapcsolat közepes, pozitív volt a III, csillagfürt magtermesztéses, a VI, szalmatrágyás+mútrágyás vetésforgó, a VIII, csillagfürt magtermesztéses és zöldtrágyás, a XI, istállótrágyás és a XII, másodvetésű zöldtrágyás vetésforgókban, A két paraméter között szoros, pozitív volt az összefüggés az I, trágyázás nélküli és a IV, szalmatrágyás vetésforgók esetében, A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat igen szoros, pozitív volt a II, fővetésű zöldtrágyás és a IX, csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses vetésforgókban,

A humusztartalom és a szemtermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat a zöldtrágyázás esetében (II,) szorosabb volt, mint az istállótrágyás (X., XI.) vagy az erjesztett szalmatrágyás (V., VI., VII,) kezeléseknél,

A szalmatrágyás vetésforgókat összehasonlítva egymással, az erjesztés nélküli szalmatrágyás vetésforgóban (IV,) a rozszem nitrogéntartalma a talaj humusztartalmától jobban függött, mint az erjesztett szalmatrágyás vetésforgókban (V., VI., VII,). A két paraméter kapcsolatának vizsgálatakor különbséget találtunk a zöldtrágyás vetésforgók között is, A fővetésű zöldtrágyás vetésforgóban (II,) a rozstermés nitrogéntartalma érzékenyebben követte a talaj humusztartalmának változását a domborzat függvényében, mint a másodvetésű zöldtrágyás kezelések esetében (XII., XIII., XIV., XV,).

A növények számára a felvehető nitrogén döntően a szerves anyag bomlásából származik (FEHÉR, 1954), Azokon a területeken, ahol nagyobb a talaj humusztartalma, több felvehető nitrogén áll a növények rendelkezésére, mint ahol kisebb a humusztartalom,

A Westsik-féle kísérletben a talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti különböző kapcsolat a vetésforgók eltérő nitrogénszolgáltató képességével magyarázható, Azokban a vetésforgókban, ahol kicsi volt a humusztartalom, vélhetően kevés volt a növények számára felvehető nitrogén mennyisége is, Az alacsony humusztartalmú vetésforgókban a humusztartalom domborzat szerinti változása sokkal inkább maga után vont a rozstermés nitrogén-tartalmának változását, így a két tulajdonság közötti kapcsolat szoros volt (I., II., IX,). Azokban a vetésforgókban viszont, ahol nagy volt a humusztartalom, a humusztartalom változásakor a relatíve kisebb humusztartalom mellett is volt elegendő felvehető nitrogén, melynek eredményeképpen a termés nitrogéntartalma kevésbé ingadozott, vagyis a két tulajdonság közötti kapcsolat gyenge volt (V., VII., X,).

**3, táblázat, A vetésforgók talajának humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti lineáris összefüggés korrelációs koefficiensei (r-értékek, \*\*=1%, \*=5%)**

Vetésforgó	Pearson-féle korreláció
I, parlagoltatásos	0,897*
II, fővetésű zöldtrágyás	0,985**
III, csillagfürt magtermesztéses	0,543
IV, szalmatrágyás	0,838
V, szalmatrágyás	0,155
VI, szalmatrágyás	0,687
VII, szalmatrágyás	0,356
VIII, csillagfürt magtermesztéses és mv, zöldtrágyás	0,696
IX, csillagfürt zöldtakarmány-termesztéses	0,951*
X, istállótrágyás	-0,264
XI, istállótrágyás	0,560
XII, őszi vetésű takarmánytermesztéses	0,584
XIII, másodvetésű zöldtrágyás	-0,230
XIV, másodvetésű zöldtrágyás	-0,042
XV, másodvetésű zöldtrágyás	-0,211

A humusztartalom és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolatot befolyásolhatja a nitrogén műtrágyázás, A műtrágya nélküli VII, szalmatrágyás és a műtrágya nélküli X, istállótrágyás vetésforgókban a két tulajdonság közötti kapcsolat gyenge volt: e vetésforgókban a termés nitrogéntartalmát elsősorban nem a humusztartalom nagysága, hanem a szerves trágyákkal kijuttatott és azokból felvehetővé váló nitrogén határozta meg. E két vetésforgó műtrágyás párjainál viszont azt láttuk, hogy a kapcsolat szorosabbá vált, és közepes lett (VI, illetve XI.), Azokon a területeken, ahol nagyobb volt a humusztartalom, a nitrogén műtrágyázás hatása jobban érvényesült, és nagyobb lett a rozstermés nitrogéntartalma,

## **A talaj humusztartalma és a rozstermés nitrogéntartalma közötti kapcsolat vizsgálata a Westsik-féle vetésforgó tartamkísérletben**

---

### **Következtetések**

Egy heterogén területen az átlagosan nagyobb humusztartalom mellett a terület humusztartalmának növekedése vagy csökkenése nem befolyásolta jelentősen a szemtermés nitrogéntartalmát, azonban a kisebb humusztartalmú területeken a humusztartalom változása, illetve a nitrogénszolgáltató-képesség csökkenése már a termés nitrogéntartalmának csökkenését is eredményezte,

### **Köszönetnyilvánítás**

Munkánkat a HUSK/0901/1,2,1/0129 számú pályázat keretében végeztük,

### **Irodalomjegyzék**

ANDA, A, (1987): A kukorica néhány sugárzás, hő- és vízháztartási komponensének alakulása a N-ellátottság függvényében, Növénytermelés, Tom, 36, No, 3, pp, 161-170,

BUZÁS I, (1983): A növénytáplálás zsebkönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p 232,

CVETKOV, M., SANTAVEC, I., KOCJANACKO, D, & TAJNSEK, A, (2010): Soil organic matter content according to different management system within long-term experiment, Acta agriculturae Slovenica, 95-1, pp, 79-88,

CSAPÓ J, & CSAPÓNÉ KISS Zs, (2003): Élelmiszer-kémia, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p, 2003,

DEBRECZENI B-né & SÁRDI K, (1999): A tápelemek és a víz szerepe a növények életében, In: Tápanyag-gazdálkodás, Szerk, Füleky Gy, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p, 714,

FEHÉR D, (1954): Talajbiológia, Akadémiai Kiadó, Budapest, p, 1263,

FILEP Gy, (1995): Talajtani alapismeretek I, Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen, p, 195,

KISMÁNYOKI T, & BALÁZS J, (1955): A szerves trágyák szerepe a talajtermékenység fenntartásában tartamkísérletek alapján, In: XXXVII, Georgikon Napok,, I, kötet, Pannon ATE, Keszthely, pp, 7-42,

LAZÁNYI J, (1994): A homoki vetésforgókkal végzett kísérletek eredményei, Debreceni Agrártudományi Egyetem Kutató Központja, Nyíregyháza, p, 238,

LÁSZTITY B., SIMONNÉ SARKADI L, & HIDVÉGI M, (1984): A NPK-műtrágyázás hatása az őszi rozs és a triticale szemtermésének néhány beltartalmi jellemzőjére, Agrokémia és Talajtan Tom, 33, (1984) No, 3-4, pp, 391-402,

LOCH J, & NOSTICZIUS Á, (1992): Agrokémia és növényvédelmi kémia, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p, 399,

PETHÓ M, (1993): Mezőgazdasági növények élettana, Akadémiai Kiadó, Budapest, p, 507,

STEFANOVITS P, (1992): Talajtan, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p, 379,

TÓTH Z, & KISMÁNYOKY T, (2009): Vetésforgók, trágyázási rendszerek és a fenntartható növénytermesztés összefüggései, In: Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés

fejlesztésében: A martonvásári tartamkísérletek 50 éve, Szerk, Berzsenyi Z, – Árendás T, MTA MGKI, Martonvásár, pp, 175-180,

WESTSIK V, (1941): Homoki vetésforgók 10 éves üzemi eredményei, Tiszántúli Mezőgazdasági Kamara, Nyíregyháza, p, 136,

WESTSIK V, (1951): Homoki vetésforgókkal végzett kísérletek eredményei, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p, 140,



## Szulfát és klorid tartalmú káliumműtrágyák hatása TV paprika fejlődésére és terméshozamára

Hüvely Attila <sup>1</sup>, Pető Judit <sup>1</sup>, Cserni Imre <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kertészeti Tanszék, Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar, Neumann János Egyetem, Magyarország E-mail: [huevely.attila@kfk.kefo.hu](mailto:huevely.attila@kfk.kefo.hu)

### Összefoglalás

Kísérletünkben 60% K<sub>2</sub>O tartalmú kálium-klorid és 50% K<sub>2</sub>O tartalmú, kloridmentes kálium-szulfát műtrágyával végeztük el szabadföldi TV paprika kálium műtrágyázását, A humuszos homoktalajon végzett vizsgálatban alaptrágyázást és egy alkalommal fejtrágyázást végeztünk a fentebb felsorolt műtrágya sókkal, A kezelések dózisa 100, 200, 400, 800 és 1 600 kg K<sub>2</sub>O hatóanyag mennyiségeket tettek ki egy hektárra vonatkoztatva, A kapott eredmények szerint, 200 kg/ha-os hatóanyag dóziséig mindkét műtrágyatípus hatására növekedett a termésmennyiség a kontrollhoz képest, azonban 400 kg/ha K<sub>2</sub>O hatóanyag dózis felett a kálium-klorid csökkentette, a kálium-szulfát szignifikánsan tovább már nem változtatta a termésmennyiséget,

### Summary

The aim of our study was to clear the effect of two typical potassium fertilizers on pepper, Our plants were grown on sand soil, The two fertilizers were the potassium-chloride and the potassium-sulphate, The fertilizers were added in a half dose as solid condition before the planting, and another half dose as water solution after flowering, The full doses were: 100, 200, 400, 800 and 1 600 kg K<sub>2</sub>O/ha, Yield of pepper was weighted under chloride and sulphate salinity,

### Bevezetés

Magyarországon az étkezési paprikafogyasztás több mint 10 kg/fő-re tehető évente, Étkezési jelentősége, hogy nagy mennyiségben (átlagosan 50-300 mg/100g) tartalmaz C-vitamint, Egy felnőtt ember napi C-vitamin szükséglete 20 mg, A C-vitamin a P-vitaminnal együtt található a paprikában, ami fokozza a C-vitamin hatását, Ezek mellett tartalmaz B1, B2, B6 vitamint, továbbá α-karotint és β-karotint is (HODOSSI et al., 2004),

A paprika tápanyagigénye igen magas, A tápelemek közül a nitrogénnek a vegetatív növekedésben, a megkötött termések mértékének növelésében van jelentősége, A foszfor főként a kezdeti növekedés során fontos, kiemelt szerepe van a gyökérzet megfelelő fejlődésében,

A zöldségek tápanyagigényét tekintve elmondható, hogy azon makroelemek közül, melyeket műtrágyázással pótolni szoktunk, a káliumból igénylik a legnagyobb mennyiséget, A megállapítás igaz a paprikára is, A kálium a paprika növényben a legnagyobb mennyiségben található tápelem és a növény életfolyamatainak szabályozásában vesz részt (BALÁZS, 2000),

A paprika fejlődésében kiemelkedő szerep jut a klórnak, mely mikroelem a kis mennyiségben szükséges nyomelemek közé tartozik növényélettani szempontból, A klór a fotoszintézisben vesz részt, A termesztett növények klórigénye rendkívül csekély, bár szinte mindegyikben egyike a legközönségesebb anionoknak, pótlására általában nincs szükség (BERGMANN, 1979), A klorid a legtöbb kálium tartalmú műtrágya egyik alapvető összetevője, Fontos megemlíteni, hogy a

paprika a sóérzékeny növények közé tartozik, ezért a klorid-tartalmú műtrágyák alkalmazása nem javasolt, holott az egyik legolcsóbb és ezért legnagyobb mennyiségben felhasznált kálium műtrágya a kálium-klorid, A két műtrágyatípus egyik fontos értékmérő tulajdonságát, a sóindexet összehasonlítva a kálium-klorid sóindexe 116,2%, míg a kálium-szulfáté 42,6 % (KREMPER, 2013),

Vizsgálatunk célja annak felderítése volt, hogy a kiválasztott, Amy TV paprika fajta káliumigényének különböző káliumformákkal történő kielégítése miként befolyásolja a tesztnövény növekedését, valamint, hogy a zöldségfélék számára veszélyes, kloridiont is tartalmazó kálium-klorid (KCl) műtrágyás alkalmazása milyen hatással van a tesztnövény fejlődésére a vele megegyező kálium koncentrációban kijuttatott kálium-szulfáthoz ( $K_2SO_4$ ) képest,

### Anyag és módszer

A vizsgálatot szabadföldi körülmények között, humuszos homoktalajon végeztük, A kísérletet a Pallasz Athéné Egyetem Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar Bemutatókertjében állítottuk be, 42 darab, homoktalajjal feltöltött tenyészedenyben, A paprika növényeket 100 kg  $K_2O/ha$ , 200 kg  $K_2O/ha$ , 400 kg  $K_2O/ha$ , 800 kg  $K_2O/ha$  illetve 1600 kg  $K_2O/ha$ -os műtrágya dózisokkal kezeltük, a dózisok első felét ültetés előtt alaptrágyaként, második felét a terméskötődés kezdetekor tápoldat formájában adtuk, Az ültetést követően 3 alkalommal, 4 hetes időközönként, alkalanként 30 kg/ha N hatóanyagának megfelelő mennyiségű ammónium-nitrátot, ill, kalcium-nitrátot juttattunk ki fejtrágyaként a növények nitrogén szükségletének fedezése érdekében, valamennyi kálium kezelés mellett, A kísérletek során mértük a termés mennyiséget, illetve a talaj tápelem tartalmát, kloridion tartalmát,

Az edények 60 cm átmérőjű és 90 cm magas, körülbelül 1:3 arányban földbe süllyesztett műanyag tartályok, melyek humuszos homoktalajjal vannak feltöltve (1, ábra), Egy-egy edény talajfelülete 0,283 m<sup>2</sup>, A növényeket igény szerint, átlagosan heti 4-6 alkalommal szórófejes öntözőn keresztül öntöztük,

A konténerekben levő talaj előzetes vizsgálata a Kertészeti és Vidékfejlesztési Kar Talaj- és Növényvizsgáló Laboratóriumában történt, A vizsgálatok szerint a legfontosabb talajtani paraméterek az alábbiak: a talaj Arany-féle kötöttségi száma,  $K_A$ : 32; pH(KCl): 7,42; a vízdoldható összes só: 0,02 m/m%; a mésztartalom ( $CaCO_3$ ): 2,98 m/m%; a talaj humusztartalma pedig 2,48 m/m%, A vizsgálati eredmények alapján a tenyészedenyekben lévő talaj jó nitrogén szolgáltató képességű, humuszos homoktalaj, a IV, termőhelyi kategóriába tartozik, és a konténerek talaja homogénnek tekinthető, Az AL-oldható  $K_2O$  tartalom az edények talajában egységes, átlagosan 176 mg/kg koncentrációt ér el, BUZÁS (1983) szerint ez az érték jó ellátottságnak felel meg, Az AL-oldható  $P_2O_5$  tartalom az edények talajában egységesen igen magas, átlagosan 900 mg/kg körüli, ezért is a növények a kísérlet során foszfor műtrágyát nem kaptak,

A palántákat 2015, május 26-án ültettük ki a fent bemutatott tenyészedenyekbe, A kiültetés előtt, április 22-én 60%  $K_2O$  tartalmú kálium-klorid, illetve 45%  $K_2O$  tartalmú kálium-szulfát műtrágyával alaptrágyáztunk, a következő, növekvő dózisokkal: 50, 100, 200, 400, 800 kg  $K_2O/ha$ , Minden kezelést 4 ismétlésben állítottunk be, egy tenyészedeny egy ismétlést alkotott és a tenyészedenyek mindegyikébe 4 darab palántát ültettünk,

## Szulfát és klorid tartalmú káliumműtrágyák hatása TV paprika fejlődésére és terméshozamára



*1, ábra, A kísérlethez használt tenyészedények*

### A káliumkezelések

Az ültetés után kb. egy hónappal (június 23-án), a káliumműtrágyák hatásának fokozása érdekében, kálium fejtrágyázást alkalmaztunk az alaptrágyázással megegyező műtrágyafélékkel és dózissal, így a kezelések összesen 100, 200, 400, 800 és 1 600 kg/ha  $K_2O$  hatóanyag mennyiséget értek el az egyes tenyészedényekben, mindkét kálium műtrágya típus felhasználásánál. Az utolsó, két legmagasabb dózis már provokatív, kiemelkedően magas tápelem-mennyiségnek tekinthető, A kezelésekkel kijuttatott „kísérő” ionok mennyisége: 75,6; 151,2; 302,4; 604,8; 1209,6 kg/ha klorid-ion, ill, 67,9; 135,8; 271,6; 543,2; 1086,4 kg/ha szulfáton,

### Az alkalmazott kálium műtrágyák

A kísérlet során 60%-os hatóanyag tartalmú, piros színű kálium-klorid és 50%-os hatóanyag tartalmú, por alakú kálium-szulfát műtrágyát használtunk fel, A kálium-klorid (kálisó) gyártás során a KCl-ot elválasztják a NaCl-től, A kálium-szulfát ( $K_2SO_4$ ) előállítását a koncentrált KCl és  $MgSO_4$  oldatok cserebomlása révén történik, Különösen a klórral szemben érzékeny növénykultúrák esetében ajánlott (SCHMIDT, 2011),

### Fejtrágyázás

A fejtrágyázás a növények tenyészideje alatt végzett trágyázási eljárásokat jelenti, A fejtrágyázás célja a tápanyagszegénység megszüntetése és a lassú fejlődés felgyorsítása (BALÁZS, 2000),

A paprikát 2015, június 2-án pétisóval (27% N) fejtrágyáztuk, majd egy héttel később, június 9-én újabb pétisós kezelést végeztünk, Minden egyes tenyészedényre, vagyis minden kezelés, mindegyik ismétlésére 3,2 g műtrágyát juttattunk ki, ez hektárra vonatkoztatva 30 kg/ha N hatóanyagának felel meg, A Pétisó fő hatóanyaga az  $NH_4NO_3$  (ammónium-nitrát), 27% nitrogén-t (N) tartalmaz, 2015, július 7-én kalcium-nitrát (16% N) műtrágyával fejtrágyáztuk a paprika palántákat, A hektáronkénti hatóanyag mennyiség itt is 30 kg/ha N,

### A mintavételezés, a termésmennyiség meghatározás

A termés betakarítása a tenyészidőszak folyamán több alkalommal, folyamatosan történt, A betakarított bogyókat nejlonzacskókba gyűjtöttük, majd kezelésként és ismétlésként lemértük a termésmennyiséget, 2015-ben, a szabadföldi vizsgálat során a termés tömegének lemérése

után a bogyókat méret szerint osztályoztuk is, 3 csoportot képeztünk, 60 g-nál kisebb, vagyis átlagon aluli, 60 és 100 g közötti, a fajtára jellemző bogyóméretű, illetve 100 g-nál nagyobb, extra méretű terméseket különböztettünk meg,

A kísérlet bontása után (szeptember 9-én) talajmintát vettünk a tenyészedényekből a laboratóriumi vizsgálathoz, mely során a talaj pH-ja, elektromos vezetőképessége (EC), kloridion tartalma, illetve tápelem tartalma került meghatározásra (1:5 vizes kivonatból: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, Na<sup>+</sup>),

### Eredmények és értékelés

A kísérlet bontásakor a talaj kivonatának kloridion koncentrációját argentometriás módszerrel határoztuk meg. A kloridion eredményeket a következő táblázat tartalmazza:

*1, táblázat, A szabadföldi kísérlet bontásakor mért kloridion tartalom a talajoldatban, mg/l*

Mintakód (K forma)	Kezelés dózisa	Klorid- tartalom (mg/l)	Korrelációs koefficiens
<b>Kontroll</b>	0 kg K <sub>2</sub> O/ha	7,11	
<b>KCl 1</b>	100 kg K <sub>2</sub> O/ha	14,9	
<b>KCl 2</b>	200 kg K <sub>2</sub> O/ha	24,1	
<b>KCl 3</b>	400 kg K <sub>2</sub> O/ha	23,4	
<b>KCl 4</b>	800 kg K <sub>2</sub> O/ha	24,1	
<b>KCl 5</b>	1600 kg K <sub>2</sub> O/ha	37,6	r <sub>P=5%/=</sub> 0,92
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1</b>	100 kg K <sub>2</sub> O/ha	5,32	
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2</b>	200 kg K <sub>2</sub> O/ha	11,7	
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3</b>	400 kg K <sub>2</sub> O/ha	7,81	
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4</b>	800 kg K <sub>2</sub> O/ha	8,52	
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5</b>	1600 kg K <sub>2</sub> O/ha	8,52	r <sub>P=5%/=</sub> 0,09

A kontrollkezelés 7,11 mg/l klorid tartalma normális, szántóföldre jellemző érték, Szakirodalmi adatok szerint a kloridion tartalom 1:5 vizes arányú kivonatból akkor tekinthető optimálisnak, ha 30 mg/l koncentráció alatt van (TERBE et al., 2005),

A kálium-kloridos kezeléseknél a növekvő műtrágyadózisok hatására növekedett a talaj kloridion tartalma, A regresszióanalízis szerint erős összefüggés van a műtrágya adagok és talaj klorid koncentrációja között, a korrelációs koefficiens értéke 0,92, A koefficiens táblázati értéke 0,811; a számított érték magasabb, vagyis a kezelés hatása szignifikáns különbségeket okozott, A legmagasabb kloridion tartalmat (37,6 mg/l) a legnagyobb dózisú kálium-kloridos kezelésnél mértünk, ez az érték már meghaladja a fenti szakirodalomban közölt optimális határértéket, A kontrollhoz képest nem tapasztaltunk szignifikáns klorid-koncentráció növekedést a kálium-szulfát hatására,

A kísérlet bontását követően is megvizsgáltuk a talaj tápelem tartalmát, A kálium tápelem tartalom meghatározását AL kivonatból, ICP-OES spektrométerrel végeztük,

Az eredményeket a következő táblázat (2, táblázat) tartalmazza:

## Szulfát és klorid tartalmú káliumműtrágyák hatása TV paprika fejlődésére és termés hozamára

2, táblázat, Az szabadföldi kísérlet talajának AL-oldható kálium tartalma, mg/kg

Mintakód (K forma)	AL-oldható tápelemtartalom	
	Kezelés dózisa	AL-K <sub>2</sub> O mg/kg
<b>Kontroll</b>	0 kg K <sub>2</sub> O/ha	63,1
<b>KCl 1</b>	100 kg K <sub>2</sub> O/ha	60,9
<b>KCl 2</b>	200 kg K <sub>2</sub> O/ha	78,4
<b>KCl 3</b>	400 kg K <sub>2</sub> O/ha	84,4
<b>KCl 4</b>	800 kg K <sub>2</sub> O/ha	170
<b>KCl 5</b>	1600 kg K <sub>2</sub> O/ha	334
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1</b>	100 kg K <sub>2</sub> O/ha	85,3
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2</b>	200 kg K <sub>2</sub> O/ha	83,7
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3</b>	400 kg K <sub>2</sub> O/ha	117
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4</b>	800 kg K <sub>2</sub> O/ha	141
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5</b>	1600 kg K <sub>2</sub> O/ha	374

Jól látható, hogy a kálium-klorid és a kálium-szulfát hatására körülbelül azonos mértékben nőtt a káliumtartalom, ami azzal magyarázható, hogy a kálium hatóanyag szinte megegyezett mindkét műtrágya típusnál,

BUZÁS (1983) szerint a homoktalajok optimális AL-K<sub>2</sub>O tartalma 161-420 mg/kg, vagyis kísérletünk talajának AL-K<sub>2</sub>O tartalma a már provokatív mértékben magas kezelések hatására sem mutat kiugróan magas K-szintet,

A kísérlet során a termést több alkalommal szedtük, a teljes termésmennyiség megállapításához az egyes szedések termésmennyiségét összesítettük, a termésmennyiségeket t/ha-ra vonatkoztattuk, A 3, táblázat a kísérlet terméseredményeit tartalmazza,

3, táblázat, A szabadföldi kísérlet terméseredményei, 2015,

Mintakód (K forma)	Kezelés dózisa	Termésmennyiség (t/ha)	Korrelációs koefficiens
<b>Kontroll</b>	0 kg K <sub>2</sub> O/ha	63,8	
<b>KCl 1</b>	100 kg K <sub>2</sub> O/ha	71,3	
<b>KCl 2</b>	200 kg K <sub>2</sub> O/ha	79,1	$r/P=5\% = 0,999$
<b>KCl 3</b>	400 kg K <sub>2</sub> O/ha	81,9	
<b>KCl 4</b>	800 kg K <sub>2</sub> O/ha	73,5	
<b>KCl 5</b>	1600 kg K <sub>2</sub> O/ha	56,8	$r/P=5\% = -0,999$
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1</b>	100 kg K <sub>2</sub> O/ha	74,7	
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2</b>	200 kg K <sub>2</sub> O/ha	98,3	
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3</b>	400 kg K <sub>2</sub> O/ha	70,6	
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4</b>	800 kg K <sub>2</sub> O/ha	84,3	
<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5</b>	1600 kg K <sub>2</sub> O/ha	87,8	$r/P=5\% = 0,905$

A kísérletben nevelt paprika hozama és a növekvő káliumkoncentrációk között szignifikáns összefüggés van (3, táblázat),

A kálium-kloriddal végzett kezeléseknél a termésmennyiség egészen a közepes, 400-kg/ha-os dóziséig lineárisan növekedett, a termésgörbe itt érte el maximumát, majd innentől fokozatosan csökkenő tendencia látható a termésmennyiségben, A 400 kg/ha-os kálium-klorid kezelésig a korrelációs koefficiens értéke 0,999 / $P=5\%$ /, ami erős pozitív összefüggést mutat a hozam és a műtrágya adagok között,

A statisztikai értékelés szerint, a 400 kg/ha-os dózistól az 1600 kg/ha-os dóziséig nagyon erős negatív korreláció van a paprika terméseredmény és a magas kálium- klorid koncentrációk között, A korrelációs koefficiens -0,999, a táblázati  $r$  érték 0,811, 5% tévedési szint mellett,

A magas dózisoknál megmutatkozik a sóstressz hatása az egyre csökkenő termésmennyiségben,

A kálium-szulfát hatására a termésmennyiség növekedése felismerhető, azonban a 200 kg/ha-os dózis kiugró eredménye (98,3 t/ha) megzavarja a regresszióanalízis számítási menetét, ezért a statisztikai értékelést a kálium-szulfátos kezelés esetén is a 400 kg/ha-os dózistól az 1600 kg/ha-os dóziséig közöljük, ahol a korrelációs koefficiens 0,905, Ez utóbbi érték bár nem jelent szignifikáns különbséget, a változás iránya felismerhető,

A legnagyobb termésmennyiség a kloridos kezelésnél 81,9 t/ha, míg a szulfátos kezelésnél 98,3 t/ha, A kálium-szulfáttal történő műtrágyázás így esetünkben 20% terméstöbbletet eredményezett,

A legnagyobb termésmennyiséget a kálium-kloriddal történő műtrágyakezelésnél a 400 kg/ha-os dóziséig éri el a paprika, míg a kálium-szulfáttal végzett kezelésnél már a 200 kg/ha-os dóziséig elérte ugyanezt,

### Következtetések

Alacsony Arany-féle kötöttségű, humuszos homoktalajon a kálium tápanyag-utánpótlás jelentősége nagy, Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a kezeletlen paprika növényekhez képest a szulfátos és a kloridos kálium műtrágyával is jelentősen növelni lehet a termésmennyiséget, viszont a paprika kloridérzékenysége megjelenik a kloridot tartalmazó műtrágya hatására,

A szabadföldön végzett kísérletünk eredményei azonos tendenciát mutatnak NAVARRO et al, (2002) eredményeivel, illetve TERBE (1977) és SLEZÁK et al, (2010) eredményeivel is, Vizsgálataik szerint a kálium-szulfát műtrágyaforma szignifikáns termésmennyiség növekedést okozott paprikában, míg ugyanez a hatás kálium-kloriddal nem volt elérhető,

Eredményeink párhuzamban állnak a legtöbb, fellelhető szakirodalmi adattal: SONNEVELD & BEUSEKOM (1974), HARASZTY (1975), TERBE (1977), TADESSE et al, (1999), WUZHONG (2002) és SLEZÁK et al, (2010) vizsgálatai szerint a paprika termesztésére kedvezőtlenül hat a túl magas só, illetve kloridion koncentráció,

Kutatási eredményeink azonban ellentmondásban állnak SOMOS (1981) eredményeivel, aki szerint a klórtartalmú műtrágyák alkalmazása nem befolyásolja károsan a paprika palánták fejlődését,

## **Szulfát és klorid tartalmú káliumműtrágyák hatása TV paprika fejlődésére és termés hozamára**

---

A talajvizsgálati eredményekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a klorid kimosódása sokkal intenzívebb, mint a káliumé, a még optimálisnak tekinthető értéket, a 30 mg/l-t csak a legnagyobb kálium-klorid dózis alkalmazásakor lépte át a talaj kloridion koncentrációja,

Mindkét műtrágya típussal növelhető a talaj kálium tartalma és kielégíthető a növények kálium igénye, de az egyre növekvő, magas klorid tartalom, a paprika növények megjelenő só érzékenysége miatt mégis a kálium-szulfát alkalmazását javasoljuk a kálium-klorid műtrágya helyett szabadföldi paprika termesztése során,

Tápoldatozás nélküli szabadföldi TV paprikatermesztésben javasoljuk a talajvizsgálati eredményekre alapozott 200-400 kg/ha-os kálium műtrágyaadagok alkalmazását, Javasoljuk a kálium műtrágya több alkalommal történő kijuttatását, ültetés előtti alaptrágyaként, illetve a terméskötődés előtti fejtrágyaként, Fejtrágyaként nem ajánljuk a kloridos forma kijuttatását,

### **Irodalomjegyzék**

- BALÁZS S, (2000): A zöldségajtatás kézikönyve, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp, 94., pp, 200-204., pp, 223,
- BERGMANN, W, (1979): Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp, 86,
- BUZÁS I, (1983): A növénytáplálás zsebkönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp, 77,
- KREMPER R, (2013): Agrokémia c, egyetemi előadás, Debreceni Egyetem, Agrokémiai és Talajtani Tanszék, 2013, p, 19,
- HARASZTHY J, (1975): Palántakorai káliumos kezelések hatása az étkezési paprika hidegtűrésére és korai termés alakulására, Debreceni Agrártudományi Egyetem Közleménye, pp, 295-308,
- HODOSSI S., KOVÁCS A, & TERBE I, (2004): Zöldségtermesztés szabadföldön, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp, 141-147,
- NAVARRO, J, M., GARRIDO, C., CARVAJAL, M, & MARTINEZ, V, (2002): Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity Journal of Horticultural Science & Biotechnology (2002) 77 (1) pp, 52-57,
- SCHMIDT R, (2011): Földműveléstan c, egyetemi elektronikus jegyzet, A trágyázás, tápanyagellátás, célja és jelentősége c, fejezet, Nyugat-Magyarországi Egyetem,
- SLEZÁK K., MIHÁLY M., NAGY K, & KIS K, (2010): Kálium-klorid és-szulfát alkalmazása étkezési paprika (*capsicum annum L.*) félintenzív szabadföldi termesztésében, Kertgazdaság 2010, 42, (2), pp, 9-15,
- SOMOS A, (1981): A paprika, Akadémia Kiadó, Budapest, pp, 13-15., pp, 191-192,
- SONNEVELD, C, & BEUSEKOM, J, (1974): The effect of saline irrigation water on some vegetables under glass, Acta Hortic, 35, pp, 75-86,
- TADESSE, T., NICHOLS, M, A, & FISHER, K, J, (1999): Nutrient conductivity effects on sweet pepper plants grown using a nutrient film technique, 1, Yield and fruit quality, New-Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, Vol, 27, pp, 229-237,
- TERBE I., HODOSSI S, & KOVÁCS A, (2005): Zöldségtermesztés termesztőberendezésekben, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp, 53., pp, 135-137., pp, 141,

TERBE I, (1977): A talajvizsgálatokon alapuló tápanyag-utánpótlás eredményei a fehér termésű paprika hajtatásában, Doktori értekezés, Kertészeti Egyetem, Budapest, pp, 79,

WUZHONG, N, (2002): Yield and Quality of Fruits of Solanaceous Crops as Affected by Potassium Fertilization, College of Environmental Science and Natural Resources, Zhejiang University, Hangzhou, Better Crops International Vol, 16, No, 1, May pp, 6-8,



**Biotrágyázás hatása a tápelemek feltáródására érlelési kísérletben**

*Kincses Sándorné és Balláné Kovács Andrea*

*Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási  
Kar, Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen  
E-mail:kincsesi@agr.unideb.hu*

**Összefoglalás**

Összehasonlító kísérletünkben, a biotrágyázás hatását vizsgáltuk a talaj N-, P-, K-és Mg tápelemeinek feltáródására, tápanyagszolgáltató képességére. Az érlelési kísérlet ideje alatt a kezelések talaja 1 hónapig a szabadföldi vízkapacitás (VKsz) 50 %-ának megfelelő vízellátottsági szintjén, míg 3 hónapig kiszáradva voltak, szobahőmérsékleten. A kontroll mellett biotrágyázott, szerves – illetve műtrágyázott kezelést, valamint kombinált kezeléseket (szerves- + biotrágya; mű- + biotrágya) is beállítottunk 3 ismétlésben. Mindhárom szakaszban vizsgáltuk a talajminták 0,01M-os  $\text{CaCl}_2$  oldható  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N, szerves N formák, valamint a  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{K}^+$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -ion mennyiségét,

A kísérlet eredményei szerint a biotrágya a kontrollhoz hasonlóan az első két mintavételi időpontban növelte (az elsőnél szignifikánsan), míg a harmadik időpontban csökkentette a talaj 0,01M-os  $\text{CaCl}_2$  oldható összes N-mennyiségét, A kombinált kezelések esetében is a biotrágya pozitív hatását figyelhetjük meg mindhárom mintavételi időpontban, A hatás statisztikailag nem volt igazolható,

A biotrágya alkalmazása befolyásolta a 0,01M-os  $\text{CaCl}_2$  oldható nitrogénformák mennyiségét, egymáshoz viszonyított arányát is, Az első mintavételi időpontban a biotrágya pozitív szignifikáns hatást fejtett ki a kontrollhoz viszonyítva és a kombinált kezelésekből is, a 0,01M-os  $\text{CaCl}_2$  oldható szerves-N-formára, A pozitív szignifikáns hatást a másik két időpontban csak a műtrágyával kombinált kezelés esetében tapasztaltuk,

A biotrágya alkalmazása befolyásolta a 0,01M-os  $\text{CaCl}_2$  oldható  $\text{PO}_4^{3-}$ -P mennyiségét is, A hatás valamennyi időpontban pozitív, de statisztikailag nem volt igazolható, Hasonló tendenciákat figyelhetünk meg a 0,01M-os  $\text{CaCl}_2$  oldható  $\text{K}^+$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -ion mennyiségénél is,

Eredményeink alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a biotrágya (általában) kismértékű, pozitív hatást fejthet ki a humuszos homoktalajokban a tápanyagok feltáródására, így annak tápanyagszolgáltató képességére, Más trágyafélékkel való kombinált kijuttatása fokozhatja azok érvényesülését, a bennük lévő tápanyagok növények általi felvehetőségét,

**Summary**

In our comparative greenhouse experiment the effect of biofertilizers were studied on the N-, P-, K-and Mg supplying capacity of soil, In every period the soil samples were wetted to 50% of field capacity of water for one months, then they were dehydrated at room temperature for three months, , The incubation experiment consists of 3 periods, thus the experiment lasted a year, The treatments were the following: control, biofertilizer, organic manure, artificial fertilizer and combined treatments (organic manure + biofertilizer,

artificial fertilizer + biofertilizer), Three replications were set, In all the three stages of the experiment we determined the amount of  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N, organic N forms,  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{K}^+$ - and  $\text{Mg}^{2+}$  from 0,01 M  $\text{CaCl}_2$  soil extract,

The results of the experiment showed that compared to the control the biofertilizer increased the amount of 0,01M  $\text{CaCl}_2$  soluble total N at the first two sampling time (the increment was significant by the first stage) while it decreased the amount of 0,01M  $\text{CaCl}_2$  soluble total N at the third sampling time, By combined treatments the biofertilizer had a positive effect at all the three sampling times, though the effects were not statistically justified,

The application of biofertilizer affected the amount of 0,01M  $\text{CaCl}_2$  soluble nitrogen forms, and their ratio as well, At the first sampling time the biofertilizer had a significant positive effect on the 0,01M  $\text{CaCl}_2$  soluble organic N form in comparison with the control, This effect was observed at the combined treatments as well, At the other two sampling time this positive effect was observed only in the case of combined treatments,

The biofertilizer affected the amount of 0,01M  $\text{CaCl}_2$  soluble  $\text{PO}_4^{3-}$ -P as well, At each sampling time the effect is positive but it can not be justified statistically, Similar trends were observed for the amount of a 0,01M  $\text{CaCl}_2$  soluble  $\text{K}^+$ - and  $\text{Mg}^{2+}$ -ions,

Based on our results we can conclude that the biofertilizer (usually) has a slight positive effect on the nutrients supplying capacity of humus sandy soil, Applying them with other kind of fertilizers or manure the availability of their nutrients can be increased,

### Bevezetés

A fenntartható gazdálkodás feltételeinek megteremtése mellett kell a mezőgazdaságának a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmi nyersanyagot előállítania, A termesztés során fontos a talaj termékenységének fenntartása, a természeti erőforrások - és a környezetünk védelme (LOCH, 2006),

A talaj termékenységének megóvása miatt a növények számára fontos tápelemeket trágyaszerek segítségével vissza kell pótolni (NÉMETH, 2002), A tápelemek pótlásának egyik módja a műtrágyák alkalmazása lehet, de a környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás képviselői olyan tápanyag-utánpótlási módszereket javasolnak, melyek kevésbé terhelik a környezetet és megőrzik, javítják a talaj termékenységét (GABRIEL et al., 2006), A talajok termékenységét a felvehető tápelemtartalom mellett, a szervesanyag-tartalom is döntően befolyásolja (NÉMETH, 2004), így a talajba juttatott szerves trágyák, hozzájárulnak a talajtermékenység fokozásához, fenntartásához (LOCH & NOSTICZIUS, 1992),

Egyre nagyobb mennyiségben alkalmaznak a talajéletet serkentő baktériumkészítményeket is, Ezek a biokészítmények eltérő számú és összetételű baktériumtörzseket tartalmaznak (WU et al., 2005), A mikrobák élettevékenységük következményeként a növények számára felvehető tápelemek mennyisége növekedhet a talajban, Egyes kutatások szerint a biotrágyák mű- vagy szerves trágyával kombinálva fejtik ki legkedvezőbb hatásukat a termés mennyiségére, (JAKAB, 2007)

## Biotrágyázás hatása a tápelemek feltáródására érlelési kísérletben

### Anyag és módszer

,Kísérletünket 2015 őszén állítottuk be, melynek során 18 edénybe 1kg parlagi humuszos homoktalajt mértünk be, A kezeletlen talaj legfontosabb fizikai-kémiai jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza

**1, táblázat: Pallagi humuszos homoktalaj jellemzői**

Humusz (m/m%)	1,4
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,84
CaCl <sub>2</sub> -os NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /N (mg/kg)	6,15
CaCl <sub>2</sub> -os NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /N (mg/kg)	1,91
CaCl <sub>2</sub> -os szerves N (mg/kg)	7,55
CaCl <sub>2</sub> -os összes N (mg/kg)	15,6
CaCl <sub>2</sub> -os PO <sub>4</sub> <sup>+</sup> /P (mg/kg)	6,08
CaCl <sub>2</sub> -os K (mg/kg)	118,5
CaCl <sub>2</sub> -os Mg (mg/kg)	90,65
AL-Mg (mg/kg)	118
AL-Ca (mg/kg)	1185
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	274
AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)	286,6

A talajadatok alapján a talaj nitrogénre közepesen-megfelelően ellátott, káliumra nézve igen jól ellátott, míg foszfortartalma soknak mondható, (BUZÁS & FEKETE, 1979; LOCH & NOSTICZIUS,1992),

3 edénybe műtrágyaként (NPK), 3-ba érett szerves marhatrágyaként (Szerves) juttattunk be tápanyagot, 3 edénybe egy, a biotermesztésben is alkalmazható aktivált mikrobiológiai készítmény (emBIO) javasolt mennyiségét kevertük be, 3 edénybe mű- és biotrágya, 3 edénybe szerves- és biotrágya került, míg 3 edény képezte a kontrollt, A műtrágyakezelésben (NPK) a szerves trágyával a talajba juttatott nitrogén, foszfor és kálium mennyiségével egyenértékű tápanyagot adagoltunk, Az alkalmazott kezeléseket a 2. táblázat tartalmazza,

**2, táblázat: Az alkalmazott kezelések**

Kezelések	Tápanyagmennyiség /1 kg talaj
Kontroll	-
NPK	25 mg N; 7,25 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 18 mg K <sub>2</sub> O
Szerves	25 mg N; 7,25 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 18 mg K <sub>2</sub> O
emBIO	Javasolt mennyiség (0,0138 cm <sup>3</sup> )
NPK+emBIO	25 mg N; 7,25 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 18 mg K <sub>2</sub> O + Javasolt mennyiség
Szerves+emBIO	25 mg N; 7,25 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 18 mg K <sub>2</sub> O + Javasolt mennyiség

Az em BIO a biogazdálkodásban is engedélyezett mikrobiológiai készítmény, mely fotoszintetizáló és tejsavbaktériumokat, élesztőket, sugár- és moszatgombákat tartalmaz, A mikroorganizmusok talajba juttatásával az erjedési folyamatok kerülnek előtérbe és a rothadás megszűnik, ami a termesztett növények életfolyamataira is pozitív hatást fejthet ki,

Az edények víztartalmát a szabadföldi vízkapacitás (VKsz) 50 %-ának megfelelő vízellátottsági szintre beállítottuk, s naponkénti öntözéssel 1 hónapon át fenntartottuk ezt az állapotot, Mintavételezés után a talajok 3 hónapig nem kaptak vízutánpótlást, majd ismét az öntözéses szakasz következett (még kétszer megismételtük az előzőleg leírt nedves és száraz szakaszt),

A kezelések talajából 3-szor vettünk mintát és meghatároztuk a bennük lévő, a növények számára könnyen felvehető, 0,01M-os  $\text{CaCl}_2$  oldható  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{NH}_4^+$ -N, szerves N formák mennyisége mellett a  $\text{PO}_4^{3-}$ -P,  $\text{K}^+$ - és  $\text{Mg}^{2+}$ -ion mennyiségét is, (HOUBA et al., 1994; JÁSZBERÉNYI et al.,1994) A szűrletek nitrogén formáinak és a  $\text{PO}_4^{3-}$ -P mennyiségét contiflo készülékkel (Skalar) mértük,  $\text{K}^+$ -tartalmát lángemissziós spektrofotométerrel (Unicam SP90B), míg  $\text{Mg}^{2+}$ - koncentrációját atomabszorpciós spektrofotométerrel (Varian AA10 Plus) határoztuk meg,

Eredményeink statisztikai kiértékeléséhez a Microsoft Excel egytényezős varianciaanalízis programját használtuk fel,

### Eredmények

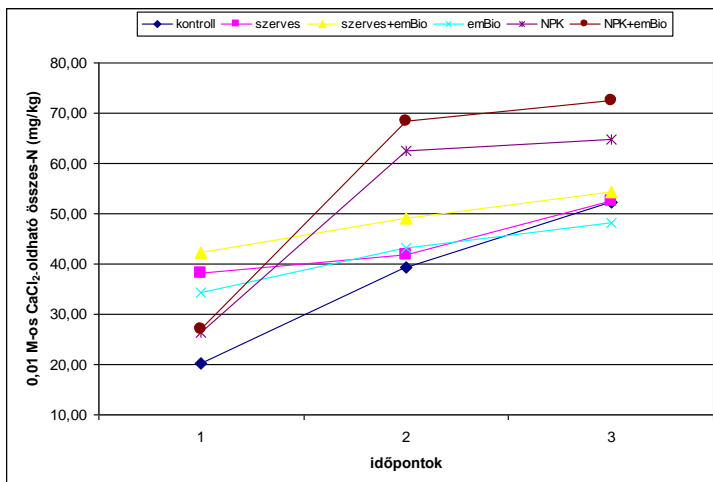
A kezelések hatását a talajokban a nitrogén feltáródására, azok 0,01 M-os  $\text{CaCl}_2$ -oldható összes N mennyiségére, valamint ennek változását az időben az 1, ábra szemlélteti, Az adatok statisztikai kiértékelésének eredményeit a 3, táblázatban foglaltuk össze,

A kísérlet eredményei szerint a trágyakezelések az első mérési időpontban statisztikailag igazolhatóan, a kontrollhoz képest növelték a talajban a 0,01M-os  $\text{CaCl}_2$  oldható összes N-mennyiségét, A biotrágya a kontrollhoz hasonlítva az első két mintavételi időpontban növelte (az elsőnél szignifikánsan), míg a harmadik időpontban csökkentette a talaj 0,01M-os  $\text{CaCl}_2$  oldható összes N-mennyiségét, A kombinált kezelések esetében is a biotrágya pozitív hatását figyelhettük meg mindhárom mintavételi időpontban, A hatás statisztikailag nem volt igazolható,

A kezelések befolyásolták a feltáródás dinamikáját is, A műtrágya és a kombinált műtrágyakezelés esetében a második mérési időpontban kiugróan magas értékeket mértünk, A növekedés ezen időintervallumban szignifikáns volt, míg a következő szakaszban, tendenciájában mutatkozott,

A többi kezelésnél és a kontrollnál is az érlelés hatására egyértelmű növekedést tapasztaltunk ebben a mért paraméterben, de többségében a növekedés statisztikailag nem volt igazolható,

## Biotrágyázás hatása a tápelemek feltáródására érlelési kísérletben



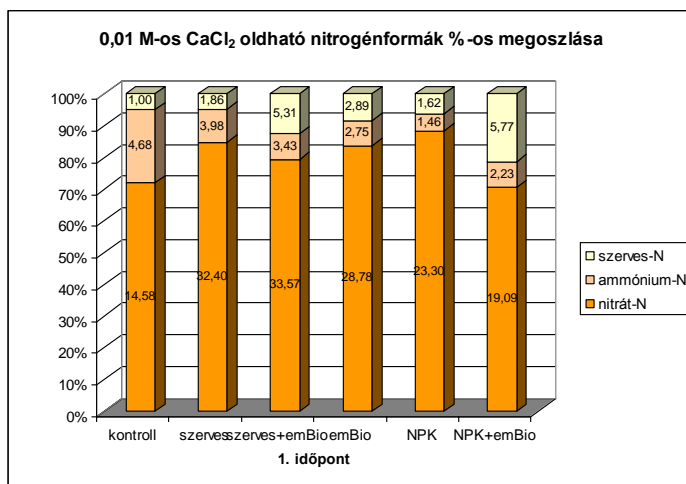
1, ábra: A kezelések hatása a talaj 0,01M-os CaCl<sub>2</sub>-oldható összes N mennyiségére a kezelési ciklusok számának függvényében

3, táblázat: Az 1, ábrához tartozó statisztikai eredmények

SzD <sub>5%</sub>	Kezelések között					
	<i>1, időpont</i>		<i>2, időpont</i>		<i>3, időpont</i>	
	<b>6,62</b>		<b>9,57</b>		<b>7,39</b>	
	Időpontok között					
	<i>kontroll</i>	<i>szerves</i>	<i>Szerves+em Bio</i>	<i>emBio</i>	<i>NPK</i>	<i>NPK+em Bio</i>
	<b>18,25</b>	<b>8,45</b>	<b>6,86</b>	<b>7,93</b>	<b>24,38</b>	<b>28,41</b>

A biotrágya alkalmazása befolyásolta a 0,01M-os CaCl<sub>2</sub> oldható nitrogénformák mennyiségét, egymáshoz viszonyított arányát is. Az első mintavételi időpontban (2. ábra) a kontrollhoz hasonlóan valamennyi kezelésben növekedett a szerves N-forma %-os aránya, a többi formához képest. Eredményeink szerint a kontrollban van %-ban a legnagyobb ammónium-forma, ami azt bizonyíthatja, hogy a többi kezelésben a nitrifikációs folyamatok felgyorsulhattak,

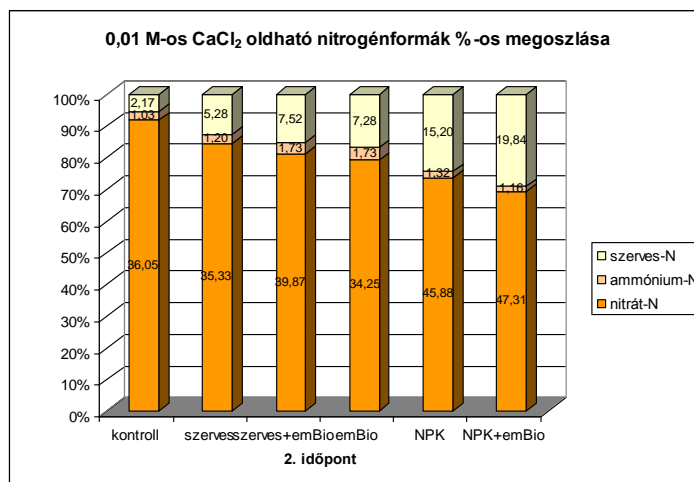
A biotrágya pozitív szignifikáns hatást fejtett ki a kontrollhoz viszonyítva és a kombinált kezelésekben is, a 0,01M-os CaCl<sub>2</sub> oldható szerves-N-formára. A pozitív szignifikáns hatást a másik két időpontban csak a műtrágyával kombinált kezelés esetében tapasztaltuk,



**2. ábra: A kezelések hatása a 0,01M-os CaCl<sub>2</sub>-oldható nitrogénformák megoszlására az 1. mintavételi időpontban (SzD<sub>5%</sub>: nitrát-N:6,07; ammónium-N:0,94; szerves-N:1,61,)**

A második mintavételi időpontban (3. ábra) a szerves N-forma egyértelmű növekedését és az ammónium-N csökkenését tapasztalhattuk %-osan, valamennyi kezelés és a kontroll esetében is, ami a mikrobák átalakító tevékenységét bizonyítja. A nitrogén-formák egymásba való átalakulásának sebessége sok tényezőtől függhet,

Adataink szerint a kísérlet ezen időpontjában a biotrágya pozitív hatást fejtett ki a szerves-N forma mennyiségére, de ezt statisztikailag nem igazoltuk,

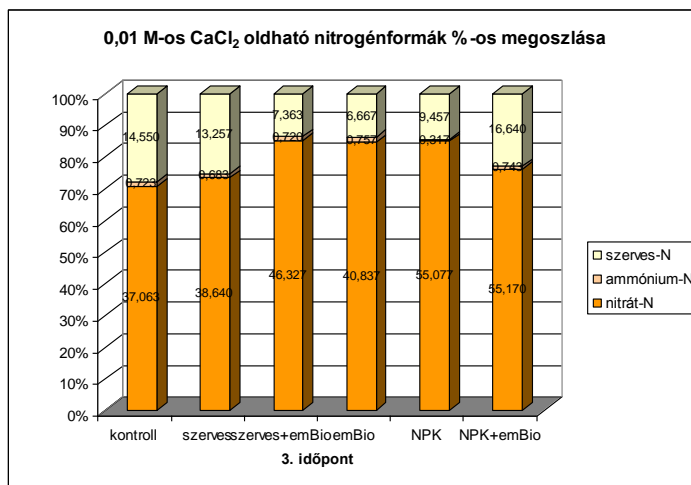


**3. ábra: A kezelések hatása a 0,01M-os CaCl<sub>2</sub>-oldható nitrogénformák megoszlására a 2. mintavételi időpontban (SzD<sub>5%</sub>: nitrát-N:4,5; ammónium-N:0,24; szerves-N:5,31,)**

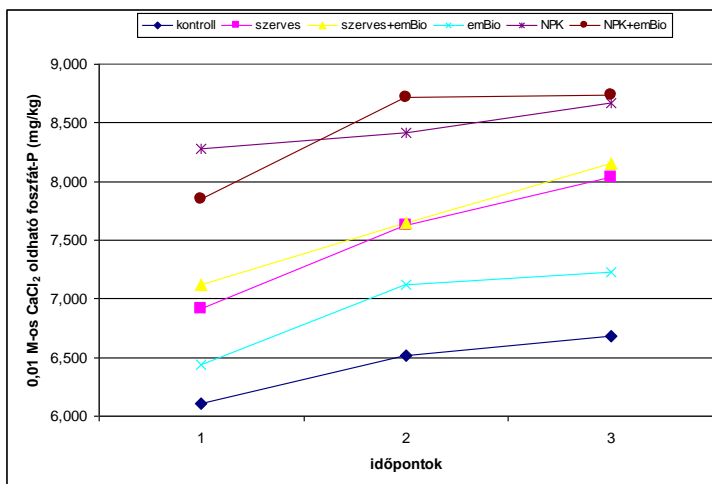
A harmadik mintavételi időpontban (4. ábra) a kontroll talajokban a szerves-N forma megnövekedett arányát tapasztaltuk, Valamennyi kezelésnél az ammónium-N forma

## Biotrágyázás hatása a tápelemek feltáródására érlelési kísérletben

további csökkenését, %-os arányban is, figyelhattunk meg, Ez arra utalhat, hogy a talaj továbbra is jól szellőzött volt, így a nitrifikációs folyamatok zavartalanul játszódhattak le,



**4. ábra: A kezelések hatása a 0,01M-os CaCl<sub>2</sub>-oldható nitrogénformák megoszlására a 3. mintavételi időpontban (SzD<sub>5%</sub>: nitrát-N:6,46; ammónium-N:0,13; szerves-N:3,26,)**



**5. ábra: A kezelések hatása a talaj 0,01M-os CaCl<sub>2</sub>-oldható PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P mennyiségére a kezelési ciklusok számának függvényében**

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a kezelések növelték a 0,01M-os CaCl<sub>2</sub> oldható PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P mennyiségét a talajban, A kontroll talaj ezen paramétere valamennyi időpontban a legkisebb értéket mutatta, A biotrágya alkalmazása befolyásolta a mért paraméter mennyiségét, (5. ábra; 4. táblázat) A hatás valamennyi időpontban pozitív, de statisztikailag nem igazolható, A kombinált kezelésekben is a biotrágya alkalmazása tendenciájában növelte a talaj 0,01M-os CaCl<sub>2</sub> oldható PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P mennyiségét, Ha a vizsgált paraméter időbeni változását vizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy az idő előrehaladásával

tendenciájában valamennyi kezelés talajában nőtt a növények által könnyen felvehető foszfor mennyisége,

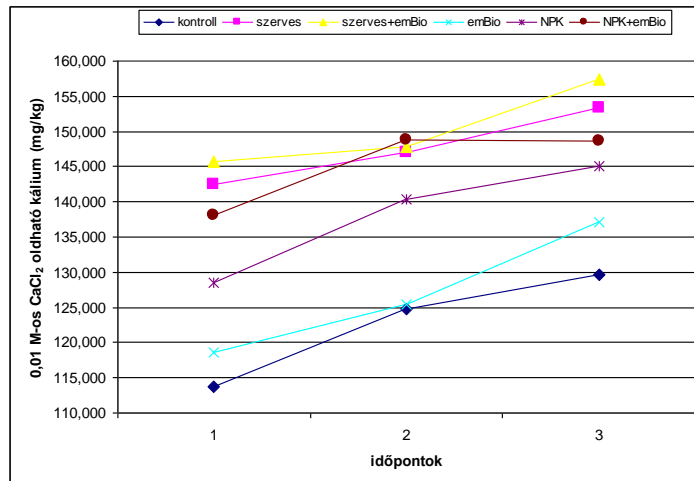
**4, táblázat: Az 5, ábrához tartozó statisztikai eredmények**

SzD <sub>5%</sub>	Kezelések között					
	1, időpont		2, időpont		3, időpont	
	0,66		0,65		0,63	
	Időpontok között					
	kontroll	szerves	Szerves+emBio	emBio	NPK	NPK+emBio
	0,33	0,64	0,58	0,48	0,22	0,57

A 6, ábrán ahol a talajok 0,01 M-os CaCl<sub>2</sub> oldható K<sup>+</sup> ion mennyiségének eredményeit mutatjuk be, látható, hogy valamennyi kezelésnél a kezelési ciklusok számának növekedésével a növények által könnyen felvehető forma mennyisége tendenciájában nő, hasonlóan a foszfát mennyiségéhez, de azt statisztikailag valamennyi mérési időpontban igazolni nem tudtuk (5, táblázat),

A trágyaszerek hatására a mért paraméter egyértelműen növekedett a kezeletlen talajhoz képest, A harmadik időpontban már a trágyák hatása a kontrollhoz képest szignifikáns volt,

A biotrágya pozitív hatását csak tendenciájában tapasztaltuk a kombinált kezelésekben,



**6, ábra: A kezelések hatása a talaj 0,01M-os CaCl<sub>2</sub>-oldható K<sup>+</sup>- mennyiségére a kezelési ciklusok számának függvényében**

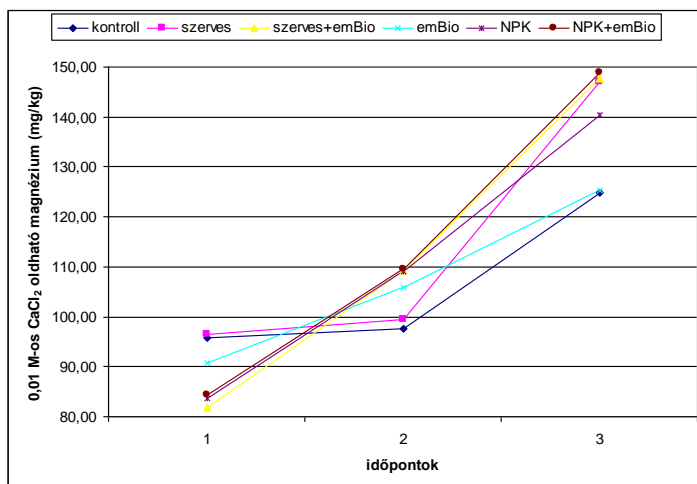
A 7, ábrán a talajok 0,01 M-os CaCl<sub>2</sub> oldható Mg<sup>2+</sup> ion mért értékeit mutatjuk be, Az adatok szerint a talajok ezen vizsgált paramétere a harmadik mintavételi időpontra nagyfokú növekedést mutatott, ami statisztikailag is (7, táblázat) igazolható volt, Ebben az időpontban a kombinált kezelésekben, tendenciájában a biotrágya pozitív hatását is tapasztaltuk,



## Biotrágyázás hatása a tápelemek feltáródására érlelési kísérletben

5, táblázat: A 6, ábrához tartozó statisztikai eredmények

SzD <sub>5%</sub>	Kezelések között					
	1, időpont		2, időpont		3, időpont	
	10,48		8,97		8,25	
	Időpontok között					
	kontroll	szerves	Szerves+emBio	emBio	NPK	NPK+emBio
	9,21	6,11	7,07	10,66	9,63	6,93



7, ábra: A kezelések hatása a talaj 0,01M-os CaCl<sub>2</sub>-oldható Mg<sup>2+</sup>- mennyiségére a kezelési ciklusok számának függvényében

6, táblázat: A 7, ábrához tartozó statisztikai eredmények

SzD <sub>5%</sub>	Kezelések között					
	1, időpont		2, időpont		3, időpont	
	5,14		4,23		8,97	
	Időpontok között					
	kontroll	szerves	Szerves+emBio	emBio	NPK	NPK+emBio
	18,37	32,13	37,52	19,65	32,2	36,8

### Következtetések

Az érlelési kísérletünk eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a talajokban a növények által könnyen felvehető 0,01M-os CaCl<sub>2</sub> oldható NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, szerves-N formák, valamint a PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, K<sup>+</sup>- és Mg<sup>2+</sup>-ion mennyiségei is változtak a többször ismételt kezelések hatására,

0,01M-os CaCl<sub>2</sub> oldható összes-N, a PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P, K<sup>+</sup>- és Mg<sup>2+</sup>-ion mennyiségei a 3, mintavételi időpontra egyértelmű növekedést mutattak, Ezek az eredmények arra

engednek következtetni, hogy a talajban élő mikroorganizmusok 3 hónapos vízmentes körülmények után, újra képesek elszaporodni, feltáró tevékenységüket folytatni,

A biotrágya (általában) kismértékű, pozitív hatást fejthet ki a humuszos homoktalajokban a tápanyagok lebontására, így azok tápanyag-szolgáltató képességére,

A biotrágyák más trágyafélékkel (mű- vagy szerves trágyák) való kombinált talajba juttatása kedvező hatást fejthet ki a mű- és szerves trágyák érvényesülésére, tápanyagaik növények általi felvehetőségére,

Ezen kedvező hatásuk miatt csökkenthető a szerves- és műtrágyák kijuttatandó mennyisége, és ezáltal elősegíthetjük a fenntartható termesztés és gazdálkodás feltételeit,

### Irodalomjegyzék

BUZÁS, I, & FEKETE, A,(1979): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer, MÉM NAK, Budapest

GABRIEL,D,, ROSCHEWITZ, I., TSCHARNTKE, T, & THIES, C, (2006): Betadiversityatdifferentspatialscales: Plantcommunitiesinorganic and conventionalagriculture, EcologicalApplications 16: S, 2011-2021

LOCH J, (2006): A talajvizsgálatok szerepe, jelentősége a tápanyag-gazdálkodásban és környezetvédelemben, Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis 19, 3-8

LOCH, J, & NOSTICZIUS, Á, (1992): Agrokémia és növényvédelmi kémia, Mezőgazda kiadó, Budapest

HOUBA, V,J,G.; NOVOZAMSKY, I, & TEMMINGHOFF, E, (1994): Soil and plant analysis, Part 5A, Soil analysis procedures extraction with 0,01 M CaCl<sub>2</sub>– Wageningen Agricultural University Wageningen 12-22 pp,

JAKAB P, (2007): A tápanyagellátás hatása a kukoricahibridek fontosabb értékmérő tulajdonságaira, In: Erdei Ferenc IV, Tudományos Konferencia [Erdei Ferenc IVth Scientific Conference]: 2007, augusztus 27-28, Kecskemét: Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Kar, 2007, pp, 211-214, 1, kötet,(ISBN:978 963 7294 64 8)

JÁSZBERÉNYI, I., LOCH, J, & SARKADI, J,, (1994): Experiences with 0,01 M CaCl<sub>2</sub> as an extraction reagent for use as a soil testing procedure in Hungary – Communications in Soil Science and Plant Analysis, 25, 1771–1777,

NÉMETH, T,, (2002): A tápanyag-utánpótlás jelenlegi helyzete, időszerű kérdései, Az agrokémia időszerű kérdései, 41- 52,

NÉMETH, T,: 2004, Organic matter cycles in agriculture, [In: Láng, I,–Jolánkai, M,–Kőműves, T, (eds.) Pollution Processes in Agri-Environment, A New Approach,] Akaprint Publishers, Budapest, 123-146,

WU, S, C,.; CAO, Z, H,.; LI, Z, G,.; CHEUNG, K, C, & WONG, M, H, (2005): Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial 2005, Geoderma, vol, 125, Issues 1-2, p: 155-166,

# Talajtani Vándorgyűlés – Talajtermékenységi és tápanyaggazdálkodási szekció

---

## Az NPK és Zn trágyaszerek felvehetőségének változása különféle talajokban az idő függvényében

Kremper Rita, Juhász Evelin, Tállai Magdolna, Balláné Kovács Andrea, Loch Jakab

Debreceni Egyetem Agrár és Gazdálkodástudományok Centruma, Agrokémiai és Talajtani Tanszék  
4032 Debrecen Böszörményi u 138.,  
E-mail: kremper@agr.unideb.hu

### Összefoglalás

Dolgozatunkban laboratóriumi modellkísérletben azt vizsgáltuk, hogy három különféle talajon adott nedvességtartalom (70% szabadföldi VK) és hőmérséklet (25°C) mellett, nyolc hét alatt, hogyan változik az NPK és Zn-kezelések után a talajok oldható tápelem-tartalma, A vizsgált talajok agyag és agyagos vályog fizikai talajféleségbe tartoztak, a CaCO<sub>3</sub>-tartalmuk, illetve az egyik talaj P-tartalma igen nagy volt, A tápelemeket NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, KCl és ZnSO<sub>4</sub> vegyszeroldat formájában adtuk a talajokhoz, majd hetente vizsgáltuk a 0,01M-os CaCl<sub>2</sub> oldható nitrogén-, foszfor- és káliumformák, valamint a CaCl<sub>2</sub>-DTPA-TEA kivonószert által oldható Zn mennyiségét, Az adott körülmények közt a nitrifikáció két hét alatt lezajlott, A P-adag nagy része egy hét után már nem volt kimutatható a 0,01M-os CaCl<sub>2</sub> kivonószerral, A K-adag 20-47 %-ban már az első héten lekötődött; a továbbiakban nem vagy csak kis mértékben csökkent az oldható K-tartalom, A Zn oldhatósága sem csökkent jelentősen az első hét után, mivel a talaj könnyen oldható P-tartalma is lecsökkent,

### Summary

In our paper we studied how the soluble nutrient content of the soil changes after NPK-Zn nutrient application in case of three various soils, The incubation experiment lasted for 8 weeks, The soils were kept at constant moisture and temperature (70% field water capacity, 25 °C), The nutrients were added as NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, KCl and ZnSO<sub>4</sub> solution to the soils, The 0,01M CaCl<sub>2</sub> soluble nitrogen, phosphorus and potassium forms, and TEA DTPA soluble Zn forms were measured, In two cases the test soils' textures were clay loam, and in one case it was clay, The studied soils have high CaCO<sub>3</sub> content and high P content, respectively, Under the studied circumstances nitrification took place in two weeks, After one week most of the phosphorous was not detectable by 0,01M CaCl<sub>2</sub> extractant, During the first week the K was absorbed by 20-47 %, while the extent of the absorption was very slight in the following weeks, The adsorption of Zn also took place mainly during the first week, as the easily soluble P content of the soil also decreased,

**Keywords: incubation, absorption, mineralization, soils, N, P, K, Zn**

### Bevezetés

A trágyaadagok pontos meghatározásához, illetve a trágyázás idejének megállapításához a növény tápanyagigényén és a talaj tápanyag-ellátottságán túl az egyes trágyaszerek talajban történő átalakulási folyamatainak ismerete is szükséges, A különböző talajokon a

műtrágyák eltérő módon hasznosulnak, a felvehető formában lévő tápanyagok különböző mértékű lekötődése, kilúgzása illetve elillanása miatt,

Az ammóniumion-tartalmú műtrágyák használatakor kedvező hőmérséklet és vízellátottság mellett két hét alatt lezajlik az ammónium nitrit majd nitrát ionná alakulása (nitrifikáció), Ha nagy mennyigű csapadék hullik le, akkor jelentős N veszteség lép fel a nitrátionok kilúgzása, illetve redukzív körülmények közt a nitrát ionok denitrifikációja miatt, Denitrifikáció csak akkor jöhet létre, ha a vízzel telt pórusok aránya a talajban meghaladja a 60%-ot, és mértéke a nedvességtartalom emelkedésével növekszik, (AULAKH et al., 1992), A denitrifikáció mértéke nagyban függ a talaj nitrát- és szervesanyag-tartalmától valamint a talaj textúrájától is, Minél finomabb a talaj textúra, annál nagyobb a mértéke (AULAKH et al., 1992), D'HAENE, et al, (2003) flamand mezőgazdasági talajok denitrifikációját tanulmányozták laboratóriumban 15 °C-on, 75%-os szabadföldi vízkapacitás mellett, oldható C- és N-források hozzáadásával, Kísérletükben az agyagfrakció növekedésével a denitrifikáció mértéke jelentősen megnövekedett: agyagtalajon a denitrifikáció mértéke 3,5-szöröse volt a homoktalajon mérthez képest,

A P-műtrágyák nagy része  $H_2PO_4^-$  formában tartalmazza a foszfort, mely a növény számára közvetlenül felvehető, Kijuttatás után nem sokkal azonban a P nagy része oldhatatlan csapadékot képez, illetve az a talaj kolloidokon specifikus adszorpcióval megkötődik, így a növény számára közvetlenül felvehető P-tartalom a talajoldatban erősen lecsökken, A P műtrágyák érvényesülése emiatt igen rossz (LOCH, 2004),

A K-műtrágyák esetében a kálium nagyrészt a talajkolloidok felületén kicserélhető, a növény számára közvetlenül felvehető módon kötődik, A talaj agyagásvány-összetételétől függően azonban a kálium az agyagásványok rétegrácsai közt is lekötődhet, mely a növény számára nem közvetlenül felvehető forma (fixáció),

A  $ZnSO_4$  formájában kiadott talajtrágyák érvényesülése különösen karbonátos, illetve magas P-tartalmú talajokon gátolt, A cink felvehetőségének csökkenését az idő előrehaladtával számos kutató tanulmányozta, KUO & MIKKELSON (1980) hat talajtípuson tapasztalták, hogy a DTPA-oldható Zn-tartalom az első két hétben gyorsan csökken, majd a csökkenés idővel mérséklődik, ALMENDROS et al., (2013) érleléses kísérletükben azt tapasztalták, hogy 45 nap alatt a Zn fevehetősége 6,4-18,7%-kal csökkent savanyú homokos vályogtalajon, míg meszes homokos vályogtalajon a csökkenés még erőteljesebb: 13,5-27,7 %-os volt,

A dolgozatban laboratóriumi modellkísérletben vizsgáltuk meg, hogy három különböző talajtípuson adott nedvességtartalom és hőmérséklet mellett, nyolc hét alatt, hogyan változik az NPK és Zn tápelemek felvehetősége, Ezen kísérletben a talajban lezajló összetett folyamatoknak egy részéről kaptunk csak információt, legfőképpen a lekötődési illetve nitrifikációs-denitrifikációs folyamatokról,

### Anyag és módszer

Az NPK- és Zn-formák felvehetőségének csökkenését a kezelés utáni idő elteltével érleléses kísérletben vizsgáltuk laboratóriumi körülmények között, A tápelemeket  $NH_4NO_3$ ,  $KH_2PO_4$ , KCl és  $ZnSO_4$  oldat formájában adtuk a talajokhoz, majd hetente vizsgáltuk a 0,01M-os  $CaCl_2$  oldható nitrát-N, ortofoszfát-P, illetve K-formákat, valamint a  $CaCl_2$ -DTPA-TEA kivonószert által oldható Zn mennyiségét, melyet a későbbiekben

## Az NPK és Zn trágyaszerek felvehetőségének változása különféle talajokban az idő függvényében

mint DTPA kivonószert említettünk (DTPA: dietiltriáminpentaecetsav, TEA: trietil amin), Vizsgálatunkhoz három féle talajt alkalmaztunk melyek alapjellemzői az 1. táblázatban láthatóak, A dombegyházi agyagtalaj humusztartalma igen nagy volt,  $\text{CaCO}_3$ -tartalma pedig kiemelkedően nagy, ezt a talajt „agyag ( $\text{CaCO}_3$ , humusz)” jelöléssel láttuk el, A derecskei agyagos vályog  $\text{CaCO}_3$ -tartalma volt igen nagy, ezért ezt a talajt egyszerűsítve „vályog ( $\text{CaCO}_3$ )”-ként említjük a későbbiekben, A karcagi agyagos vályognál pedig a P-tartalom volt kiugró, mivel ezt a mintát az OMTK kísérlet (Országos Műtrágyázási Tartamkísérlet) 200 kg/ha  $\text{P}_2\text{O}_5$ -kezelést kapott parcella 0-30 cm-es mélységéből hoztuk, Ennek jelölése a továbbiakban „vályog (P gazdag)”.

1, táblázat, A kiindulási talajok tulajdonságai

Jelölés	Származási hely	Fizikai talajféleség	$K_A$	pH	$\text{CaCO}_3$	Hu%
Agyag ( $\text{CaCO}_3$ , humusz)	Dombegyház	agyag	56	7,42	14,9	5,03
vályog ( $\text{CaCO}_3$ )	Derecske	agyagos vályog	44	7,41	5,05	3,89
vályog (P gazdag)	Karcag	agyagos vályog	45	6,26	0	3,09

A kezelések során 300 g légszáraz talajmintához 100 mg/kg nitrogént, 80 mg  $\text{P}_2\text{O}_5$ -ban kifejezett foszfort, 120 mg/kg  $\text{K}_2\text{O}$ -ben kifejezett káliumot és 3mg/kg cinket adtunk, A talajok nedvességtartalmát 70%-os szabadföldi vízkapacitásnak megfelelő értéken tartottuk kétnaponkénti öntözéssel, A szoba hőmérséklete 25 °C volt,

A 0,01 mólos  $\text{CaCl}_2$  kivonatból HOUBA (1986) módszere alapján nitrát-N és ammónium-N formákat, illetve ortofoszfor-tartalmát mértünk Contiflow (Skalar, San plus system) készülékkel, A kivonat K-tartalmát lángfotométerrel (Unicam SP 9013) mértük, A talajok oldható Zntartalmát LINDSAY & NORWELL (1979) módszere szerint, DTPA kivonatból mértük FAAS készülékkel (Varan Spectra AA 20 plus),

A statisztikai elemzésekhez SPSS programcsomagot használtunk, Az oldható tápelemtartalom változását az idő függvényében egytényezős variancia-analízissel vizsgáltuk, a különböző időpontokban mért adatok közti szignifikáns különbségek megállapításához Duncan-féle „post hoc” tesztet végeztünk el,

### Eredmények

#### A $\text{CaCl}_2$ oldható nitráttartalom változása a talajban

A kivonószert által kioldott  $\text{NO}_3^-$ -N mennyiség a trágyázást követő második hétben közelítőleg eléri a talajban eredetileg lévő nitrát-N és a hozzáadott N (100 mg/kg) együttes mennyiségét, ami arra utal, hogy ekkora már lezajlott az ammóniumion nitráttá alakulása (2. táblázat), A nitrát mennyisége a harmadik hétig enyhén növekszik, ezután azonban nincs statisztikailag kimutatható növekedés, Denitrifikációs veszteséget még a nagy humusztartalmú agyagtalajnál sem tapasztaltunk,

**2, táblázat: A talajok 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható nitrátnitrogén-tartalma az idő függvényében**

Talaj	CaCl <sub>2</sub> -nitrát-N (mg/kg)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Agyag (CaCO <sub>3</sub> ,humusz)	31,5	105,3a	137,8b	146,2bc	152,1bc	159,1c	158,1c	149,2bc	161,5c
Vályog (CaCO <sub>3</sub> )	10,4	76,3a	104,9b	114,1bc	118,5c	120,6c	123,3c	123,1c	115,9bc
Vályog (P gazdag)	49,4	85,5a	126,1b	130,3bc	137,2bc	138,7bc	142,4c	141,1c	145,1c

Soronként az eltérő betűvel jelölt adatok szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) különbözöek,

### A CaCl<sub>2</sub> oldható ortofoszfát-tartalom változás

A kijuttatott ortofoszfát-P mennyisége 39,4 mg/kg volt, A 3, táblázatból látható, hogy ez az érték már az első héten drasztikusan lecsökkent, További leköötődés az idő múlásával – várakozásunkkal ellentétben – még a nagy CaCO<sub>3</sub>-tartalmú talajokon sem mutatkozott, Az eredetileg foszforban gazdag vályogtalajon, a leköötődés mértéke kisebb, A kezelés után közvetlenül a talajoldatban megtalálható P mennyisége hétszerese annak, ami a másik két talajon mérhető,

**3, táblázat, A talaj 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-foszfortartalma az idő függvényében**

Talaj	CaCl <sub>2</sub> -ortofoszfát-P (mg/kg)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Agyag (CaCO <sub>3</sub> ,humusz)	0,87	1,56a	1,55a	1,39a	1,18a	1,46a	1,69a	1,74a	1,67a
Vályog (CaCO <sub>3</sub> )	0,81	1,02a	0,95a	1,11a	1,05a	1,06a	1,02a	0,98a	1,02a
Vályog (P gazdag)	4,09	7,11a	7,55a	5,85a	6,91a	7,03a	7,49a	8,03a	7,77a

Soronként az eltérő betűvel jelölt adatok szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) különbözöek,

### A CaCl<sub>2</sub> oldható K-tartalom változása a talajban

A 0,01 mólos CaCl<sub>2</sub> kivonószerezrel kioldott K-mennyiség már a trágyázást követő első héten kevesebb volt a talaj eredetileg kioldott K-tartalma és a hozzáadott K-adag (99,2 mg/kg) együttes mennyiségétől (4, táblázat), A statisztikai elemzés alapján elmondható, hogy a leköötődés nagy részben az első hét után lejátszódik, A 3, minta esetében még az első hét után két héttel is enyhe fokú további leköötődést tapasztaltunk,

**Az NPK és Zn trágyaszerek felvehetőségének változása különféle talajokban az idő függvényében**

**4. táblázat, A talaj 0,01M CaCl<sub>2</sub> oldható K-tartalma az idő függvényében**

Talaj	CaCl <sub>2</sub> -K (mg/kg)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Agyag (CaCO <sub>3</sub> ,humusz)	144,8	195,8b	190,0ab	188,0a	194,8b	193,8ab	191,9ab	194,8b	191,9ba
Vályog (CaCO <sub>3</sub> )	42,3	75,2b	71,3ab	69,9ab	68,0ab	64,2a	69,3ab	69,0ab	69,0ab
Vályog (P gazdag)	64,6	107,1a	100,1ab	95,8b	95,8b	98,5b	96,4b	97,1b	97,1b

Soronként az eltérő betűvel jelölt adatok szignifikánsan (P<0,05) különböznek,

**A DTPA-oldható Zn-tartalom változása a talajban**

A DTPA által kivont Zn-tartalom mindegyik talaj esetében kisebb, mint a kijuttatott Zn-adag (3mg/kg), A Zn több mint 50%-a a növények számára közvetlenül nem felvehető módon lekötődött már az első héten, Eredményeink KUO et al., (1980) megfigyeléseihez hasonlóak, azaz a kioldható Zn-tartalom a kezdeti lekötődés után nem, vagy csak kis mértékben csökken az idő előrehaladtával, A csökkenő tendencia az idő függvényében leginkább a nagy P-tartalmú talajok esetén figyelhető meg,

**5. táblázat, A talaj DTPA-Zn tartalma az idő függvényében**

Talaj	DTPA-Zn (mg/kg)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Agyag (CaCO <sub>3</sub> ,humusz)	0,97d	2,39cd	2,28bc	2,22a	2,06abc	2,14ab	2,08abc	2,14abc	2,19abc
Vályog (CaCO <sub>3</sub> )	0,52	1,94d	1,84cd	1,80bcd	1,67ab	1,66ab	1,57a	1,67ab	1,74abc
Vályog (P gazdag)	0,57	2,16c	2,09bc	2,01abc	1,89ab	1,91ab	1,89ab	2,00abc	1,86a

Soronként az eltérő betűvel jelölt adatok szignifikánsan (P<0,05) különböznek,

**Következtetések**

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a modellkísérletben biztosított körülmények közt az adott tápelemek átalakulása, illetve lekötődése viszonylag rövid idő alatt lezajlott, Kísérletünkben a vizsgált agyag- és vályogtalajokon denitrifikációs veszteséget nem tapasztaltunk, és nitrifikáció két hét alatt lezajlott, A P-adag nagy része egy hét után már nem volt kimutatható a 0,01M-os CaCl<sub>2</sub> kivonószerral, A K 20-47 %-ban már az első héten lekötődött, a továbbiakban nem, vagy csak kis mértékben csökkent az oldható K-tartalom, A Zn oldhatósága sem csökkent jelentősen az első hét után, mivel a talaj könnyen oldható P-tartalma is lecsökkent,

**Irodalomjegyzék**

ALMENDROS, P., GONZALEZ, D, & ALVAREZ, J, M, (2013): Long-term bioavailability effects of synthesized zinc chelates fertilizers on the yield and quality of a flax (*Linum usitatissimum* L.) crop, Plant and Soil 368: 251-268,

AULAKH, MS, DORAN, J, W, & MOSIER, A, R, (1992): Soil denitrification—significance, measurement, and effects of management, Adv, Soil, Sci, 18:1–57,

D'HAENE K, ·MOREELS E, ·DE NEVE S, ·DAGUILAR B, C., BOECKX ·P., HOFMAN G, & ·VAN CLEEMPUT O, (2003): Soil properties influencing the denitrification potential of Flemish agricultural soils Biol Fertil Soils 38: 358–366,

HOUBA, V, J, G, (1986): Comparison of soil extractions by 0,01 M CaCl<sub>2</sub>, by EUF and by some conventional extraction procedures, Plant and Soil 96:433–437,

KUO, S, & MIKKELSON, D, S, (1980): Kinetics of Zn desorption from soils, Plant and Soil 56: 355-364,,

LINDSAY, W,L, & NORWELL, W,A,Q, (1978): Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper, Soil Sci, Soc, Am, J, 42::421-428,

LOCH J, & NOSTICZIUS Á, (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia, Mezőgazda Kiadó, Budapest,



## Gyomflóra és biomassza produkció vizsgálatok a kukorica korai fenológiai stádiumában trágyázási tartamkísérletben

Mazsu Nikolett, Kamuti Mariann, Sándor Renáta, Csathó Péter, Lehoczky Éva

*Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományi Kutatóközpont,  
Talajtani és Agrokémiai Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó u, 15,  
E-mail: mazsu,nikolett@agrar,mta.hu*

### Összefoglalás

A manapság elterjedt gyomfajok erős adaptív kapacitással rendelkeznek, így - különösen a kukorica korai fejlődési időszakában - a tápanyagokért és vízért folyó versenyben intenzív növekedésükkel a kultúrnövény számára stresszhelyzetet indukálhatnak. A gyomflóra diverzitásának, a kultúrnövény-gyomnövény, illetve gyomnövény-gyomnövény kapcsolatrendszernek a tápanyag-ellátottsággal összefüggésben történő vizsgálata segítséget nyújthat a terméscsökkenés megakadályozásában,

Kutatómunkánkat az MTA ATK TAKI nagyhőrcsöki kísérleti telepén, mészlepedékes csernozjom talajon 2003-ban beállított trágyázási tartamkísérletben végeztük 2014-ben, öt kezelésben (kontroll, PK, NK, NP, NPK), 6 ismétlésben a kukorica korai fejlődési stádiumában (BBCH 16-18). A gyomirtásban nem részesülő mintatereken vizsgáltuk a gyomflóra faji összetételét, a gyomnövények egyedsűrűségét, dominancia viszonyait, biomassza produkcióját, továbbá mértük a gyomos és gyommentes kukorica friss-, és száraz tömegét,

A nem gyomirtott mintaterületeken összesen 19 gyomfaj fordult elő. A gyomflóra diverzitásában a tápanyagkezelések szerint jelentős eltérések mutatkoztak. A kontroll, PK és NK kezeléseknél az *Ambrosia artemisiifolia* L. és a *Sorghum halepense* (L.) Pers., az NP és NPK kezeléseknél a *Chenopodium album* L. és a *Datura stramonium* L. voltak a domináns fajok. A gyom egyedsűrűség 80 db·m<sup>-2</sup> (NK) és 142 db·m<sup>-2</sup> (NPK) között változott. A gyomok hajtásának száraz tömege az NK kezelésben volt a legkisebb (40 g·m<sup>-2</sup>), a PK kezelésben pedig a legnagyobb (125 g·m<sup>-2</sup>). A tápanyag kezelések hatását a gyomflóra összetételében, egyedsűrűségében és biomassza tömegében is kimutattuk.

A kukorica vizsgált fejlődési stádiumában a gyomos kukorica biomassza produkciója a kezelések átlagában 33 %-kal volt kevesebb, mint a gyomirtott kukoricáé, amely nagyon erős gyomkompetícióra utal. A PK, NP és NPK kezeléseknél a gyomokkal való versengés hatására bekövetkező biomassza csökkenés szignifikáns ( $p < 0,05$ ) volt.

### Summary

Current widespread weed species provide strong adaptive capacity for nutrients and water, thus intensive weed growth suppress cultivated plants during competition, especially in the early phenological stages of maize. Investigations of weed diversity, crop-weed and weed-weed relationships in terms of a nutrient supply could help to prevent yield losses.

The effect of different nutrient-supply on the weediness was studied in a long-term fertilization experiment, which was set up at Nagyhőrcsök, Hungary in 2003. The investigation was carried out in maize, on the seventh week after sowing (BBCH 16-18) in 2014. Weed survey was implemented on the herbicide-free plots of five treatments (control, PK, NK, NP, NPK) in six replications. The base of the assessment was the frequency, density, fresh and dry weights of

weed species and their order of dominance, We also examined the changes in maize biomass caused by weed stress,

On the herbicide-free plots, 19 weed species occurred, Significant differences were found in the diversity of species depending on the applied treatments, *Ambrosia artemisiifolia* L, and *Sorghum halepense* (L.) Pers were the most dominant species on control, PK and NK treatments, In contrast on NP and NPK plots *Chenopodium album* L, and *Datura stramonium* L, were prevalent, Weed density varied between 80 plant·m<sup>-2</sup> (NK) and 142 plant·m<sup>-2</sup> (NPK), Total dry weight of weeds was the lowest at NK treatment (40 g·m<sup>-2</sup>), while the highest at PK treatment (125 g·m<sup>-2</sup>), The effect of nutrient supply was proved in the composition, in the density and in the biomass production of weeds,

The biomass production of weedy maize was 33% lower than under weed-free circumstances, considering the average of treatments during the 6-8 leaves phenology state of maize, which refers strong weed competition, The competition caused significant biomass decrease ( $p < 0,05$ ) in PK, NP and NPK treatments,

### Bevezetés

A kultúrnövények, kiváltképpen a tág térállású fajok, mint a kukorica rendkívül érzékenyek a gyomosodásra, gyomkompetícióra (BERZSENYI et al., 1993; RAJCAN & SWANTON, 2001), Különösen fontos a tápanyag-ellátottsággal összefüggő vizsgálatok elvégzése, hiszen egyrészt a kukorica termesztésének egyik sarkalatos pontja a megfelelő tápanyag ellátás (ANTAL, 1987), másrészt a különböző gyomnövény fajok tápanyagigénye (LEHOCZKY, 2004), tápanyagokért folytatott versengése, valamint eltérő tápanyag-ellátottsági szintekhez történő alkalmazkodó képessége igen változatos (LEHOCZKY et al., 2014),

Az okszerű növénytáplálás növelheti a kultúrnövény fejlődését, stressz-tűrését és gyomelnyomó képességét, azonban egyes esetekben a tápanyag utánpótlás a gyomok fejlődését ennél is nagyobb mértékben serkentheti (LEHOCZKY et al., 2007), HUNYADI (1988) szerint a nitrogén növeli a kultúrnövények árnyékoló képességét, ami azonban kedvező lehet a jó árnyéktűrő gyomnövényeknek (pl. *Chenopodium album* L.), Jelentős különbségeket találunk a különböző gyomnövény fajok gyommagjainak makroelem tartalmában is (LEHOCZKY et al., 2016a), Ezekből is kiténik, hogy a gyomok fajgazdagsága lehetővé teszi, hogy hasznosítani tudják mind a tápanyagszegény, mind a túlzottan ellátott területeket (YIN et al., 2006; KAMUTI et al., 2015), Szélesebb gyomspektrumból ugyanis olyan fajok indulnak erőteljesebb fejlődésnek, amelyek leginkább hasznosítani képesek a rendelkezésre álló forrásokat (KÁDÁR et al., 1999),

A manapság elterjedt gyomfajok erős adaptív kapacitással rendelkeznek, így - különösen a kukorica korai fenológiai fázisaiban - a tápanyagokért és vízért folyó versenyben intenzív növekedésükkel a kultúrnövény számára stresszhelyzetet indukálhatnak (LEHOCZKY et al., 2016b), Ez a mai gyakran szélsőséges időjárási viszonyok mellett újabb és újabb kihívások elé állítja a növénytermesztőket, Tehát a gyomnövények diverzitásának, a kultúrnövény-gyomnövény, illetve gyomnövény-gyomnövény kapcsolatrendszernek a tápanyag-ellátottsággal összefüggésben történő vizsgálata kiemelkedően fontos, Kísérletünkben különböző tápanyag-ellátottságnál vizsgáltuk a gyomflóra diverzitását és annak változásait, valamint a kukorica-gyom kompetíció biomassza produkcióra gyakorolt hatásait,

## Gyomflóra és biomassza produkció vizsgálatok a kukorica korai fenológiai stádiumában trágyázási tartamkísérletben

### Anyag és módszer

Kutatómunkánkat az MTA ATK TAKI nagyhőrcsöki kísérleti telepén, mészlepedékes csernozjom talajon (FAO Calcaric Phaeozem) 2003-ban beállított trágyázási tartamkísérletben végeztük kukorica állományban (hibrid: DKC 4983), A vetés 2014, április 30-án történt, Az elővetemény kukorica volt, Öt tápanyagkezelést [kontroll (Ø), PK, NK, NP, NPK] vizsgáltunk, Az alkalmazott éves műtrágyadózisok az alábbiak voltak: N: 150 kg·ha<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:100 kg·ha<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O: 100 kg·ha<sup>-1</sup>, A foszfor és kálium műtrágyák az őszi szántás előtt, a nitrogén pedig tavasszal került kijuttatásra,

A kísérleti terület 2013, évi talajvizsgálati eredményeit az 1, táblázat foglalja össze, Megállapítható, hogy a kontroll terület nitrogénnel jól, foszforral és káliummal gyengén ellátott, míg a mindhárom tápelemben részesülő (NPK) kezelés nitrogénben és foszforban jól, káliumban közepesen-jól ellátott volt (BUZÁS, 1979), A kezelések közötti különbségek több esetben is szignifikánsak voltak,

### 1, táblázat, A kísérleti terület talajvizsgálati eredményei, 2013

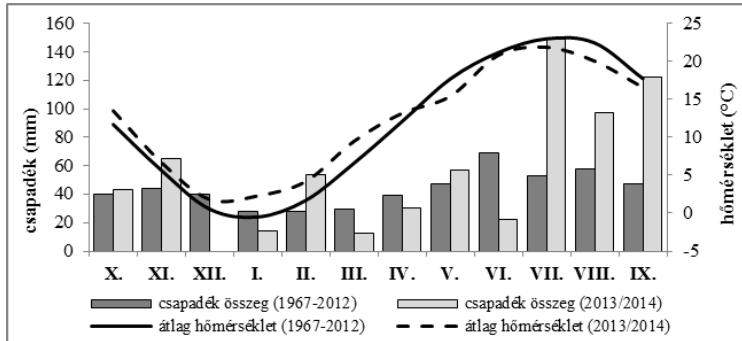
Kezelés	pH <sub>KCl</sub>	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	AL-K <sub>2</sub> O	Humusz	Só	CaCO <sub>3</sub>
	-	mg·kg <sup>-1</sup>		%		
Ø	7,25 a	76 a	126 a	3,05 a	0,03 a	4,8 a
PK	7,28 a	187 b	256 d	3,21 b	0,04 a	4,2 a
NK	7,28 a	79 a	215 c	3,20 b	0,04 a	4,7 a
NP	7,22 a	169 b	154 b	3,23 b	0,05 a	3,2 a
NPK	7,22 a	193 b	209 c	3,16 ab	0,05 a	3,1 a

Megjegyzés: A betűjelek (a-d) a Duncan teszt (p<0,05) eredményét mutatják az oszlopokon belül,

A gyomfelvételezés 2014, június 18-án, a kukorica 6-8 leveles fejlődési stádiumában (BBCH 16-18) történt, A random elhelyezkedésű parcellák mérete 73,5 m<sup>2</sup> volt, melyekben gyomirtásban nem részesülő mintaterületek lettek kijelölve, Ezek a gyomos területeken, 1-1 m<sup>2</sup>-en került sor a gyomfelvételezésekre és a növény mintavételekre, kezelésként hat ismétlésben, A gyomirtott kukorica esetében három ismétlést alkalmaztunk,

Vizsgáltuk a gyomflóra faji összetételét, a gyomnövények egyedsűrűségét, dominancia viszonyait, továbbá mértük a gyomok és a kukorica földfeletti friss-, és száraz tömegét, A mintákat jól szellőző fedett térben fonnyasztottuk, majd szárítószekrényben 40°C-on tömegállandóságig szárítottuk, A gyomnövények dominanciája Berger-Parker index (MAGURRAN, 1988) számításával került megállapításra,

A vetés és a mintavétel időpontja között (49 nap alatt) 57,0 mm csapadék hullott, mely teljes egészében május hónapban esett, A május-júniusi középhőmérséklet átlagosan 1,3°C-kal volt kevesebb a sokéves átlaghoz képest (1, ábra),



1, ábra, A kísérleti terület csapadék és hőmérséklet adatai

A kísérleti adatok statisztikai elemzéséhez egy- és kéttényezős varianciaanalízist alkalmaztunk, melyet MSTAT és Statistica 13 szoftverek segítségével végeztünk el  $p < 0,05$  valószínűségi szinten,

### Eredmények

2014, június 18-án, a kukorica 6-8 leveles fejlettségi állapotában végzett mintavételi időpontban, a nem gyomirtott mintaterületeken összesen 19 gyomfaj fordult elő (2, táblázat), A felvételezett fajok 13 növény családba tartoztak, amelyek közül a *Poaceae* család volt a legnépesebb három fajjal, Életformájukat tekintve a fajok 84 %-a a  $T_4$ -es típusúhoz tartozó egyéves gyomnövény, ezen kívül évelő fajok is előfordultak: egy rizómás ( $G_1$ ), valamint két szaporítógyökéres ( $G_3$ ) faj,

A gyomfajok összes egyedsűrűsége a NK ( $80,4 \text{ db} \cdot \text{m}^{-2}$ ) és NP ( $86,7 \text{ db} \cdot \text{m}^{-2}$ ) kezelésben volt a legkisebb, míg a kontroll ( $137,1 \text{ db} \cdot \text{m}^{-2}$ ) és NPK ( $141,6 \text{ db} \cdot \text{m}^{-2}$ ) kezelésben ennek másfélszeresét mértük (3, táblázat), A különbség matematikailag is igazolható volt,

A fajok diverzitasában és egyedsűrűségében a kezelések szerint jelentős eltérések mutatkoztak, a legkisebb fajszám (12 faj) a kontroll kezelésben volt, Egyedül az *A. artemisiifolia* volt jelen minden kísérleti parcellán, ugyanakkor a *S. nigrum*, a *D. stramonium* és a *S. halepense* előfordulási gyakorisága is igen magas volt, Ezeket a fajokon kívül a *F. convolvulus*, a *C. hybridum*, a *H. trionum* és a *S. pumila* volt fellelhető az összes vizsgált kezelésben, Öt gyomnövényfaj előfordulása szórványos volt,

Számos faj esetében az egyedsűrűség a kezelésekkel összefüggésben változott, a különbségek szignifikánsnak bizonyultak (3, táblázat), A kontrollban az ürömlevelű parlagfű (*A. artemisiifolia*) ( $80,2 \text{ db} \cdot \text{m}^{-2}$ ) volt domináns, versenyben a fenyércirokkal (*S. halepense*) ( $38,2 \text{ db} \cdot \text{m}^{-2}$ ), Az *A. artemisiifolia* volt az abszolút uralkodó faj a PK és NK kezeléseknél is 74,7 % és 77,2 %-os aránnyal, A nitrogénnel és foszforral jól ellátott kezeléseknél (NP, NPK) a két libatop faj (*C. album* és *C. hybridum*) és a csattanó maszlag (*D. stramonium*) erős kompetíciója következtében a parlagfű és a fenyércirok egyedszáma is szignifikánsan csökkent, Az NPK kezelésben a *C. album* egyedszáma  $78,4 \text{ db} \cdot \text{m}^{-2}$  volt, mellyel az összes egyedszám 55,4 %-át képviselte, A fajösszetételt és dominancia viszonyokat tekintve az NP kezelés volt a legkiegyenlítettebb, az előforduló 15 faj közül egyik sem tudott kiemelkedő egyedszámmal jelen lenni, A különböző tápanyagkezelésekben átlagosan nyolc faj alkotta az összes gyom egyedszám több mint 95 %-át,

**Gyomflóra és biomassza produkció vizsgálatok a kukorica korai fenológiai stádiumában trágyázási tartamkísérletben**

**2, táblázat, A kísérletben előforduló gyomnövény fajok**

	Gyomnövény faj	Növény család	Életforma	Gyakoriság
1,	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L,	Asteraceae	T <sub>4</sub>	30
2,	<i>Solanum nigrum</i> L,	Solanaceae	T <sub>4</sub>	29
3,	<i>Datura stramonium</i> L,	Solanaceae	T <sub>4</sub>	27
4,	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers,	Poaceae	G <sub>1</sub>	27
5,	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A, Löve	Polygonaceae	T <sub>4</sub>	22
6,	<i>Chenopodium hybridum</i> L,	Chenopodiaceae	T <sub>4</sub>	18
7,	<i>Chenopodium album</i> L,	Chenopodiaceae	T <sub>4</sub>	17
8,	<i>Hibiscus trionum</i> L,	Malvaceae	T <sub>4</sub>	14
9,	<i>Helianthus annuus</i> L,	Asteraceae	T <sub>4</sub>	11
10,	<i>Amaranthus blitoides</i> S, Watson	Amaranthaceae	T <sub>4</sub>	9
11,	<i>Heliotropium europaeum</i> L,	Boraginaceae	T <sub>4</sub>	9
12,	<i>Stachys annua</i> L,	Lamiaceae	T <sub>4</sub>	9
13,	<i>Convolvulus arvensis</i> L,	Convolvulaceae	G <sub>3</sub>	6
14,	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Schult,	Poaceae	T <sub>4</sub>	6
15,	<i>Amaranthus hybridus</i> L,	Amaranthaceae	T <sub>4</sub>	1
16,	<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv,	Brassicaceae	G <sub>3</sub>	1
17,	<i>Chaenorrhinum minus</i> (L.) Lange	Plantaginaceae	T <sub>4</sub>	1
18,	<i>Portulaca oleracea</i> L,	Portulacaceae	T <sub>4</sub>	1
19,	<i>Setaria viridis</i> (L.) P, B,	Poaceae	T <sub>4</sub>	1

Megjegyzés: A fajok életformáját UJVÁROSI (1973) alapján határoztuk meg,

A kisebb egyedszámmal jelen lévő fajok közül a *S. annua* és a *H. trionum* számára a kontroll, a *H. annuus* és a *S. pumila* számára a kontroll és PK kezelések biztosították a kedvezőbb feltételeket, így ezekben a kezelésekben egyedszámuk igazolhatóan nagyobb volt, A *F. convolvulus* a foszforral ellátott (PK, NP, NPK), az *A. blitoides* az NPK kezelésben volt szignifikánsan nagyobb egyedszámmal jelen,

Az egyedsűrűség alapján kiszámítottuk a különböző kezelésekben a gyomnövény fajok dominancia indexét (4, táblázat), Az értékek változásai jól mutatják az eltérő tápanyag-ellátottság következtében kialakuló interspecifikus kompetíció hatását, A kísérletben az *A. artemisiifolia* volt az uralkodó faj, a kezelések átlagában az összes egyed csaknem felét alkotta, Legjelentősebb versenytársa a *C. album* volt, mely csak a kiegyensúlyozott ellátottságot biztosító NPK kezelésben tudta visszaszorítani,

3, táblázat, A gyomfajok egyedsűrűsége (db·m<sup>-2</sup>) a különböző kezelésekben

Gyomnövény faj	Egyedsűrűség (db·m <sup>-2</sup> )						SzD <sub>5%</sub>
	Ø	PK	NK	NP	NPK	Átlag	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L,	80,2	98,7	62,1	17,9	8,6	53,5	26,7
<i>Chenopodium album</i> L,	0,7	3,8	-	28,9	78,4	22,4	37,3
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers,	38,2	6,6	8,9	2,8	2,7	11,8	15,1
<i>Datura stramonium</i> L,	6,4	2,7	3,4	8,4	25,6	9,3	6,4
<i>Chenopodium hybridum</i> L,	0,4	1,6	0,2	17,3	14,2	6,7	3,9
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A, Löve	0,9	6,4	0,4	3,8	4,9	3,3	2,1
<i>Solanum nigrum</i> L,	2,2	2,7	2,3	2,2	2,9	2,4	n,s,
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Schult,	2,4	5,8	0,2	0,2	0,2	1,8	4,6
<i>Hibiscus trionum</i> L,	2,0	0,7	0,9	0,4	0,4	0,9	1,4
<i>Amaranthus blitoides</i> S, Watson	-	0,2	-	1,0	2,9	0,8	1,4
<i>Helianthus annuus</i> L,	1,6	1,6	0,2	-	0,2	0,7	1,0
<i>Heliotropium europaeum</i> L,	-	0,2	0,7	1,3	0,4	0,5	1,1
<i>Stachys annua</i> L,	1,3	0,2	0,7	0,4	-	0,5	0,9
<i>Convolvulus arvensis</i> L,	0,7	0,9	0,2	0,2	-	0,4	n,s,
<i>Amaranthus hybridus</i> L,	-	-	-	1,6	-	0,3	n,s,
<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv,	-	-	-	-	0,2	0,04	n,s,
<i>Chaenorrhinum minus</i> (L.) Lange	-	0,2	-	-	-	0,04	n,s,
<i>Portulaca oleracea</i> L,	-	-	-	0,2	-	0,04	n,s,
<i>Setaria viridis</i> (L.) P, B,	-	-	0,2	-	-	0,04	n,s,
<b>Összesen</b>	<b>137,1</b>	<b>132,1</b>	<b>80,4</b>	<b>86,7</b>	<b>141,6</b>	<b>115,6</b>	<b>50,3</b>

4, táblázat, A gyomnövény fajok dominancia indexe a különböző kezelésekben

Gyomnövény faj	Ø	PK	NK	NP	NPK	Átlag
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L,	<u>0,596</u>	<u>0,741</u>	<u>0,759</u>	<u>0,227</u>	0,081	0,474
<i>Chenopodium album</i> L,	0,005	0,027	-	<u>0,280</u>	<u>0,498</u>	0,172
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers,	<u>0,263</u>	<u>0,054</u>	<u>0,118</u>	0,037	0,018	0,095
<i>Datura stramonium</i> L,	0,050	0,024	0,039	0,104	<u>0,202</u>	0,083
<i>Chenopodium hybridum</i> L,	0,003	0,013	0,002	0,211	0,109	0,068
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A, Löve	0,007	0,051	0,005	0,047	0,034	0,031
<i>Solanum nigrum</i> L,	0,016	0,022	0,033	0,028	0,021	0,025
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Schult,	0,017	0,040	0,003	0,002	0,002	0,012
Egyéb fajok	0,043	0,029	0,041	0,064	0,036	0,041

## Gyomflóra és biomassza produkció vizsgálatok a kukorica korai fenológiai stádiumában trágyázási tartamkísérletben

A gyomfajok összes száraz hajtástömege a kontroll (49,7 g·m<sup>-2</sup>) és NK (40,3 g·m<sup>-2</sup>) kezelésben volt a legkisebb, míg a PK (125,0 g·m<sup>-2</sup>) és NPK (119,8 g·m<sup>-2</sup>) kezelésben ennek több mint két és félszeresét mértük (5, táblázat). A különbség matematikailag is igazolható volt, A legkisebb átlagos egyedenkénti száraz tömeg értéket a kezeletlen kontrollban (0,4 g·db<sup>-1</sup>), míg a legnagyobbat a dominancia viszonyokat tekintve legkiegyensúlyozottabb NP kezelésben mértük (1,0 g·db<sup>-1</sup>),

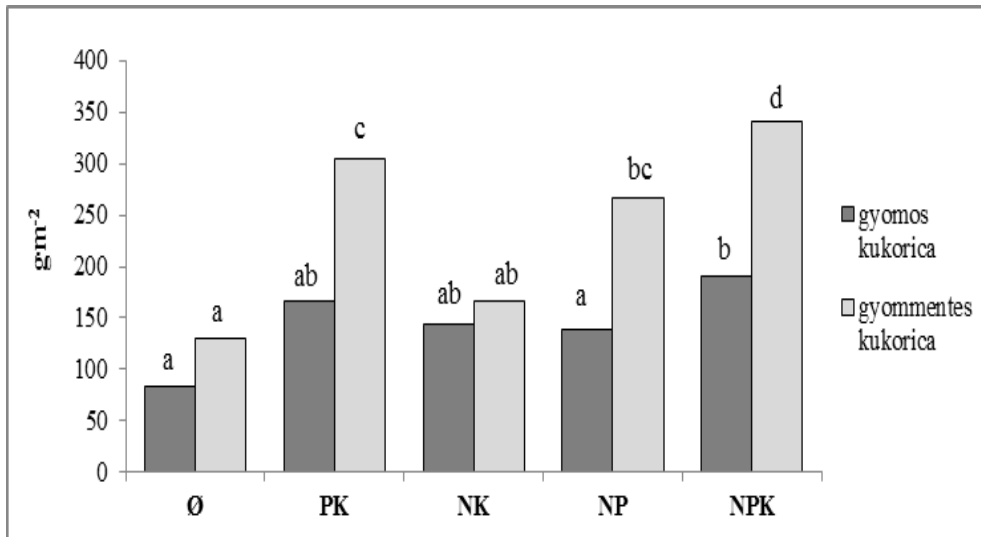
Az egyes gyomfajok száraz biomassza tömege az egyedszámhoz hasonlóan szignifikánsan változott a kezelése hatására, A kontroll, PK és NK kezeléseknél a száraz tömeg szerint is az *A. artemisiifolia* volt az uralkodó faj, az összes gyomtömegben belüli aránya 60,3 % (Ø), 60,4 % (PK) ill, 78,3 % (NK) volt, A *S. halepense* aránya a kontroll (24,6 %) és NK (10,7 %) kezeléseknél volt jelentős, A *F. convolvulus* a PK kezelésben az összes száraz gyomtömeg közel ötödét tette ki, A nitrogént és foszfort kedvelő *Chenopodium spp.*, és a *D. stramonium* alkották az összes száraz gyomtömeg 70,7 % és 88,6 %-át az NP és NPK kezeléseknél,

Egyes fajoknak az egyedszámnál kapott arányoktól eltérő volt a gyomflórán belüli száraz tömeg szerinti aránya, A különbözőséget a fajok eltérő morfológiai tulajdonságai és növekedési jellemzői eredményezték, így pl, az árvakelésű napraforgó (*H. annuus*) részesevé átlagosan tízenkétszer nagyobb, míg a *F. convolvulus* aránya négyszer (PK) nagyobb volt, mint az egyedszám szerint,

**5, táblázat, A gyomfajok száraz tömege (g·m<sup>-2</sup>) a különböző kezeléseknél**

Gyomnövény faj	Szárast hajtástömeg (g·m <sup>-2</sup> )						SzD <sub>5</sub> %
	Ø	PK	NK	NP	NPK	Átlag	
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L,	30,0	75,5	31,6	18,2	6,0	32,3	15,4
<i>Chenopodium album</i> L,	0,0	3,5	-	33,7	72,8	22,0	32,9
<i>Datura stramonium</i> L,	1,7	1,9	1,3	17,3	15,2	7,5	6,6
<i>Chenopodium hybridum</i> L,	0,1	1,0	0,02	10,2	18,1	5,9	5,9
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A, Löve	0,1	22,8	0,02	2,8	2,9	5,7	13,0
<i>Helianthus annuus</i> L,	4,1	15,6	1,9	-	2,8	4,9	9,2
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers,	12,2	1,2	4,3	1,0	0,5	3,8	4,4
<i>Solanum nigrum</i> L,	0,1	1,0	0,2	1,1	0,3	0,6	0,7
<i>Amaranthus blitoides</i> S, Watson	-	0,1	-	0,8	1,1	0,4	0,9
<i>Convolvulus arvensis</i> L,	0,1	1,0	0,4	0,04	-	0,3	n,s,
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Schult,	0,4	1,0	0,2	0,03	0,04	0,3	0,8
<i>Hibiscus trionum</i> L,	0,7	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,6
<i>Heliotropium europaeum</i> L,	-	0,02	0,2	0,6	0,03	0,2	0,5
<i>Amaranthus hybridus</i> L,	-	-	-	0,4	-	0,1	n,s,
<i>Stachys annua</i> L,	0,1	0,1	0,04	0,02	-	0,05	0,1
<i>Chaenorrhinum minus</i> (L.) Lange	-	0,1	-	-	-	0,03	n,s,
<i>Setaria viridis</i> (L.) P, B,	-	-	0,1	-	-	0,02	n,s,
<i>Portulaca oleracea</i> L,	-	-	-	0,1	-	0,02	n,s,
<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv,	-	-	-	-	0,01	0,00	n,s,
<b>Összesen</b>	<b>49,7</b>	<b>125,0</b>	<b>40,3</b>	<b>86,5</b>	<b>119,8</b>	<b>84,3</b>	<b>37,7</b>

Kísérletünkben nem csak a gyomok egymással történő versengését, hanem a kukorica biomassa termelésére gyakorolt hatásait is vizsgáltuk. A gyommentes körülmények között fejlődött kukorica száraz hajtástömege a következőképpen alakult:  $\emptyset < NK < NP < PK < NPK$  (2. ábra). A két szélsőérték között a különbség több mint 2,6-szeres volt. A gyomokkal versengő kukorica esetében a sorrend és a különbség (2,0-szeres) is hasonlóan alakult:  $\emptyset < NP \leq NK < PK < NPK$ . A legkisebb biomassa csökkenést a foszfor nélküli NK (7,1 %), a legnagyobbat pedig a kálium nélküli NP kezelésben (46,3 %) detektáltunk. A gyomok és a tápanyagkezelések hatásait is igazolni tudtuk a kukorica száraz tömegének esetében,



2. ábra, A gyomos és gyommentes kukorica száraz hajtástömegének alakulása a különböző kezelésekben (g·m<sup>-2</sup>), Megjegyzés: A betűjelek (a-d) a Duncan teszt eredményét mutatják p<0,05 valószínűségi szinten,

### Következtetések

A kukorica vetését követő hetedik héten a nem gyomirtott mintaterületeken jelentős gyomborítottságot tapasztaltunk, a gyomfajok egyedsűrűsége a kezelések átlagában 116 db·m<sup>-2</sup> volt. A tápanyag kezelések hatása kifejeződött a gyomflóra dominancia viszonyaiban. A kontroll, PK és NK kezelésekben az *A. artemisiifolia* és a *S. halepense*, az NPK kezelésben pedig a nitrofil *Chenopodium spp.* és a *D. stramonium* voltak a dominánsak. Az egyes tápanyag kezelések hatását a gyomflóra összetételében, egyedsűrűségében és biomassa tömegében is kimutattuk. A gyom egyedsűrűség a kontroll és NPK, a biomassa tömeg pedig a PK és NPK kezelésekben volt matematikailag is igazolhatóan nagyobb, a többi kezeléshez képest,

A kukorica vizsgált fenológiai stádiumában (BBCH 16-18) a gyomos kukorica biomassa termelése a kezelések átlagában 33 %-kal volt kevesebb, mint a gyomirtott kukoricáé, amely nagyon erős gyomkompetícióra utal. A PK, NP és NPK kezelésekben a gyomokkal való versengés hatására bekövetkező biomassa csökkenés matematikailag is igazolható volt,

A tápanyagok közül a foszfor jelentősége hangsúlyosan megnyilvánult mind a kukorica, mind a gyomok növekedése, biomassa képzése szempontjából. Eredményeink alapján a kukorica



## Gyomflóra és biomassza produkció vizsgálatok a kukorica korai fenológiai stádiumában trágyázási tartamkísérletben

---

az NK kezelésben versenyelőnyre tett szert a gyomokkal szemben, ami később a szemtermés eredményekben is igazolható volt,

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás az OTKA (K 105789 sz. pályázat) támogatásával valósult meg, amelyért a szerzők köszönetüket fejezik ki,

### Irodalomjegyzék

- ANTAL J., (1987): Növénytermesztők zsebkönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest,
- BERZSENYI Z., BERÉNYI GY., ÁRENDÁS T., & BÓNIS P., (1993): Growth analysis of maize (*Zea mays* L.) in competition for different periods with barnyard grass [*Echinochloa crus-galli* (L.) BEAUV.] and redrot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.), Braunschweig, 8th EWRS Symposium, 107–115,
- BUZÁS I. (szerk.), (1979) A műtrágyázás irányelvei és üzemi számítási módszer, MÉM NAK, Budapest,
- HUNYADI K. (szerk.) (1988): Szántóföldi gyomnövények és biológiájuk, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest,
- KÁDÁR I., KISMÁNYOKY T., NÉMETH T., PÁLMAI O., & SARKADI J. (1999): Tápanyaggazdálkodásunk az ezred fordulón, Agrokémia és Talajtan, 48, (1-2) 193-202,
- KAMUTI, M., MAZSU, N., CSATHÓ, P., & LEHOCZKY, É. (2015): Effects of nutrient supply on the weed flora composition in early growth stage of maize, Növénytermelés, 64, (Suppl.) 75-78,
- LEHOCZKY É. (2004): A gyomnövények szerepe a talaj-növény rendszer tápanyagforgalmában, DSc Disszertáció, Keszthely,
- LEHOCZKY, É., FILEP, T., MAZSU, N., KAMUTI, M., & GYÖRI, Z. (2016a): Variability in macronutrient composition of weed seeds, Applied Ecology and Environmental Research, 14, (3) 451-462,
- LEHOCZKY, É., KAMUTI, M., MAZSU, N., & SÁNDOR, R. (2016b): Changes to soil water content and biomass yield under combined maize and maize-weed vegetation with different fertilization treatments in loam soil, Journal of Hydrology and Hydromechanics, 64, (2) 150-159,
- LEHOCZKY É., KAMUTI M., MAZSU N., TAMÁS, J., SÁRINGER-KENYERES, D., & GÓLYA, G. (2014): Influence of NPK fertilization on weed flora in maize field, Agrokémia és Talajtan, 63, (1) 139-148,
- LEHOCZKY É., KISMÁNYOKY A., & NÉMETH T. (2007): Effect of the soil tillage and N-fertilization on the weediness of maize, Cereal Research Communications, 35, (2) 725-728,
- MAGURRAN, A. E., 1988, Ecological diversity and its measurement, Princeton University Press, Princeton, New Jersey,
- RAJCAN, I., & SWANTON, C. J. (2001): Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant, Field Crops Research, 71, 139-150,

UJVÁROSI M., 1973, Gyomnövények, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest,

YIN, L., CAI, Z., & ZHONG, W, (2006): Changes in weed community diversity of maize crops due to long-term fertilization, *Crop Protection*, 25, 910–914,

# Talajtani Vándorgyűlés – Talajtermékenységi és tápanyaggazdálkodási szekció

---

## A műtrágyázás hatása a csernozjom talaj NPK tartalmára tartamkísérletben

*Pepó Péter*

*Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet*

*E-mail: [pepopeter@agr.unideb.hu](mailto:pepopeter@agr.unideb.hu)*

### Összefoglalás

Tartamkísérletünkben folyamatosan vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a csernozjom talaj nitrogén, foszfor és kálium tartalmára, A három makroelem eltérő időbeli mennyiségi felhalmozódását és vertikális eloszlást mutatott a kísérlet csernozjom talajában, Vizsgálati eredményeink azt is bizonyították, hogy a NO<sub>3</sub>-N akkumulációs zóna vastagsága fokozatosan növekedett és az alsóbb talajrétegek felé mozdult el, Az is bizonyítható, hogy ez a felhalmozódási szint csak a maximális értékeiben különbözött egymástól az egyes műtrágya kezelésekben, ugyanakkor azonos rétegeket jelentett műtrágya dózistól függetlenül, azaz a nagyobb NO<sub>3</sub>-N mennyiség mozgása nem volt vertikálisan gyorsabb, mint a kisebb NO<sub>3</sub>-N esetében, A csernozjom talajban a foszfor műtrágyázás hatására csak a felső, művelt talajrétegek (0-20 cm, 20-40 cm) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalma változott, A vizsgálati időszak 20 éve alatt a P-trágyázás hatására a talaj 0-20 cm és 20-40 cm rétegének P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalma erőteljesen növekedett, A tartamkísérletben alkalmazott nagyadagú kálium műtrágyázás hatására a talaj felső 0-20 cm és 20-40 cm rétegeinek kálium-tartalma a kísérlet beállításától kezdve fokozatosan növekedett a tartamkísérlet csernozjom talajában,

### Summary

The effects of fertilization on the N-, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- and K<sub>2</sub>O-contents of calcareous chernozem soil were studied in a long-term experiment in Látókép Experimental Station, The accumulation and vertical distribution of N, P, K in chernozem soil were different according to our scientific results, Our experimental finds proved that the thickness of NO<sub>3</sub>-accumulation zone in chernozem soil increased year by year and this zone has moved into deeper soil layers, This NO<sub>3</sub>-accumulation zones differed with maximum values in the different fertilizer treatments, but the maximum peaks of NO<sub>3</sub> content occurred in the same soil layers, It means that the NO<sub>3</sub>-N vertical movement speed was practically the same in the smaller and bigger N-fertilizer treatments, The impact of P-fertilization was detected only in the upper ploughed soil layers (0-20 cm, 20-40 cm), The AL-soluble P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> content of 0-20 cm and 20-40 cm soil layers strongly increased during the 20 years of our long-term experiment, The AL-soluble K<sub>2</sub>O content of upper soil layers (0-20 cm, 20-40 cm) moderately increased in the high K<sub>2</sub>O fertilizer doses of our long-term experiment on chernozem soil,

### Bevezetés, irodalmi áttekintés

A szántóföldi növények tápanyagfelvétele döntő módon a talajból történik a gyökérzetten keresztül, Az egyes talajtípusok tápanyagkészlete és tápanyag-szolgáltató képessége eltér egymástól, melyet az ökológiai és agrotechnikai tényezők jelentős mértékben módosítanak, A megfelelő termésmennyiség és minőség realizálásához szakszerű tápanyag-visszapótlás szükséges,

A talaj nitrogéntartalmának 95-98 %-a szerves kötésben található, mely mikrobiológiai folyamatok eredményeként (mineralizáció) alakul át szervetlen N-formákká, Az átalakulási

folyamatok dinamikája, intenzitása a talajbiológiai tevékenység intenzitásán kívül az ökológiai (időjárás, talaj) és agrotechnikai tényezőktől is nagymértékben függ,

Az őszi búza különböző fenofázisaiban kijuttatott N-műtrágya eltérő hatékonysággal érvényesült, a szemtermésbe beépült nitrogén 46-60 %-a származott a talaj nitrogénből, STRONG & COOPER (1980), AKENTEVA (1982), POWLSON et al., (1986), NIRA & NISHIMUNE (1998) a kijuttatott nitrogén műtrágyák hasznosulása és a talaj nedvesség készlete között szoros összefüggést állapított meg,

A talajban a szántóföldi növény által fel nem vett nitrogén visszamaradva növeli annak nitrogéntartalmát, A nitrát felhalmozódást és -kimosódást az ökológiai feltételek, az agrotechnika, a talajhasználat együttesen befolyásolja, NÉMETH (1996) kilenc kísérleti helyen beállított tartamkísérletek nitrogénforgalmának értékelése alapján kimutatta, hogy a talajok nitrátprofiljait a talajtípus fizikai és kémiai tulajdonságai, valamint a környezeti feltételek határozták meg, NÉMETH et al., (1988), KÁDÁR & NÉMETH (1993), NÉMETH & KÁDÁR (1999) mészlepedékes csernozjom talajon beállított tartamkísérletben a kísérlet 12., 17., 22. évében vizsgálta a nitrogén trágyázás hatását a talaj N-mérlegére és a talaj NO<sub>3</sub>-N mélységi felhalmozódására, Nagyadagú, intenzív trágyázás (200-300 kg ha<sup>-1</sup> év<sup>-1</sup>) esetében a NO<sub>3</sub>-N felhalmozódási zóna az idő előrehaladtával mélyebbre helyeződött, A kis nitrogén igényű növények tartós termesztése esetén a 100 kg ha<sup>-1</sup> N-adag már a 0-100 cm talajréteg NO<sub>3</sub>-N tartalmának növekedését eredményezte, RUZSANYI et al., (1994) vizsgálatai szerint a termesztett növény igényét meghaladó N műtrágyázás esetén számolhatunk NO<sub>3</sub>-N felhalmozódással és veszteséggel, PEPÓ (1991) szerint a búza N-igényét meghaladó műtrágyaadag hatására a talajban a NO<sub>3</sub>-N mennyiségének fokozatos felhalmozódása volt tapasztalható, A szakirodalmi adatok döntő része ugyancsak azt támasztja alá, hogy a kijuttatott nitrogén műtrágya mennyiségének növelésével a talajban felhalmozódott N-készlet is nő (WIESBOCK 1986; BYSTRITSKAYA & STEPNIWSKA 1990; WALLGREN & LINDEN 1991; ALCOZ et al, 1993; BALIK et al., 1995; PLIUPELYTE et al., 1995; HALVORSON et al., 2001),

A foszfor a talajban szerves és szervesetlen formában fordul elő, Csernozjom talajban a szervesetlen és szerves frakciók egymáshoz viszonyított aránya megközelítőleg 50-50 %, A talajban található P-vegyületek rossz vízoldhatósága és adszorpciója miatt a P mozgása csekély mértékű (DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ 1983), CZERATZKI (1972) tartamkísérletben, szántóföldi körülmények között homoktalajban 1,1 cm év<sup>-1</sup>, agyag talajban 0,1-0,2 cm év<sup>-1</sup>, gyepen – ugyanazon fizikai talajfélésegek esetében – 1,0 cm év<sup>-1</sup>, ill, 0,5 cm év<sup>-1</sup> P-mozgást tapasztalt,

A kálium a talajban döntő részben (99 %-ban) szervesetlen formában található, A talajban található kálium mozgékonyasága korlátozott, a kimosódás mértéke mérsékelt, CZERATZKI (1972) tartamkísérletei szerint vályogtalajon 1,6-3,6 kg ha<sup>-1</sup>, homoktalajon 6-13 kg ha<sup>-1</sup> kálium mosódott ki a talajból, BOBRICKAJA (1975) mérései szerint az évi kimosódás vályogtalajon 0,4-7,0 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, homokos-vályog talajon 12 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O volt, LEFEVRE & GACHON (1988) szerint a K-kimosódás mértékét a klimatikus és edafikus tényezők, a talajhasználat, az öntözés és a műtrágyaadagok befolyásolták, A talajszelvényben a kálium a felsőbb talajrétegekből az alsóbb rétegek irányába mozoghat (KAPUR et al., 1986; FOTYMA & GOSEK 1991),

Intenzív kálium trágyázás esetén a talaj K-készlete is nőtt, több kísérlet eredményei bizonyítják ezt (SKALA & KRISTAN 1989; VOPENKA 1989; FEIGENBAUM et al., 1990; RASP et al., 1990),

### Anyag és módszer

A szabatos, szántóföldi kisparcellás tartamkísérletet 1983, évben állítottuk be a Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet Látóképi Kísérleti Telepén mészlepedékes

## A műtrágyázás hatása a csernozjom talaj NPK tartalmára tartamkísérletben

csernozjom talajon, A kísérleti terület talajának a humusztartalma 2,7-2,8%, a kémhatása közel semleges ( $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,46$ ) volt a kísérlet megkezdésekor, A humuszcsepe vastagsága 80-100 cm, Az induláskor mért felső talajréteg (0-25 cm) AL-oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  tartalma  $135 \text{ mg kg}^{-1}$ , AL-oldható  $\text{K}_2\text{O}$  tartalma pedig  $240 \text{ mg kg}^{-1}$  volt, A csernozjom talaj kiváló vízgazdálkodási tulajdonságokkal jellemezhető, A talaj 0-200 cm-es rétege 580-600 mm vizet képes raktározni szántóföldi vízkapacitásig ( $\text{VK}_{\text{min}}$ ) feltöltött állapotban, melynek közel 50%-a diszponibilis víz, A talajvíz mélysége jellemzően 4-6 m értéket mutatott a különböző évszakokban,

A tartamkísérletben 6 tápanyagszinten vizsgáljuk a különböző őszi búza genotípusok természetes tápanyaghasznosító képességét és trágyareakcióját, A kísérletben csemegekukorica-őszi búza vetésváltást alkalmaztunk, A tartamkísérlet egyéb agrotechnikai elemeinél a korszerű termesztéstechnológia követelményeinek megfelelően, A kísérlet talajelőkészítése során tárcsás alapművelést végeztünk (művelési mélység 22-24 cm),

Tartamkísérletünkben folyamatosan vizsgáltuk a műtrágyázás hatását a csernozjom talaj nitrogén, foszfor és kálium tartalmára, Ezeket a vizsgálatokat minden évben elvégeztük évenként rendszerint három alkalommal: ősszel, koratavasszal és az őszi búza betakarítása után, Valamennyi vizsgálatot adott fajta (GK Öthalom) megfelelő tápanyagkezelésű parcelláiból vett minták alapján végeztük el, Jelen közleményünkben az összehasonlító elemzések elvégzéséhez következetesen a búza betakarítása utáni (adott év júliusában vett) talajminták  $\text{NO}_3\text{-N}$ , AL-oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  és  $\text{K}_2\text{O}$  tartalmának vizsgálati adatait használtuk fel, A mintavételi mélységek növekedtek, amely az egyes tápelemek vertikális mozgásának, dinamikájának meghatározására nyújtottak lehetőséget, Az adatok értékelésénél szükséges figyelembe venni azt, hogy 1983-1996, között nagyadagú műtrágya kezeléseket ( $\text{N} = 60$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 = 45$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 53 \text{ kg ha}^{-1}$  alapdózisok, ill, ezek 2, 3, 4, 5-szörös mennyiségei, legnagyobb adag  $\text{N}=300$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5=225$ ,  $\text{K}_2\text{O}=265 \text{ kg ha}^{-1}$ ) végeztünk minden egyes évben, mely dózisokat felére csökkentettük 1997-2003, között ( $\text{N}=30$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5=22,5$ ,  $\text{K}_2\text{O}=26,5 \text{ kg ha}^{-1}$  alapdózisok, ill, a legnagyobb kezelésben  $\text{N}=150$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5=112,5$ ,  $\text{K}_2\text{O}=132,5 \text{ kg ha}^{-1}$  adagok),

A tartamkísérletből vett talajminták feldolgozását, valamint a  $\text{NO}_3$ , az AL-oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  és az AL-oldható  $\text{K}_2\text{O}$  tartalmának a meghatározását a Debreceni Egyetem akkreditált Agrár Műszerközpontjában végezték el, A  $\text{NO}_3\text{-N}$  meghatározása az MSZ-08 453-70 szabvány alapján a FIASTAR 9, az AL-oldható  $\text{P}_2\text{O}_5$  mérése az MSZ-08 0455-80 szabványban rögzítetteknek megfelelően Contiflo QL 603, míg az AL-oldható  $\text{K}_2\text{O}$  meghatározása az MSZ-08 0454-80 szabvány szerint Flamon-B lángfotométer felhasználásával történt a Debreceni Egyetem akkreditált Agrár Műszerközpontjában,

### Eredmények és értékelésük

A három makroelem eltérő időbeli mennyiségi felhalmozódást és vertikális eloszlást mutatott a kísérlet csernozjom talajában, így célszerű ezeket a tápelemeket, illetve azok változásait külön-külön elemezni,

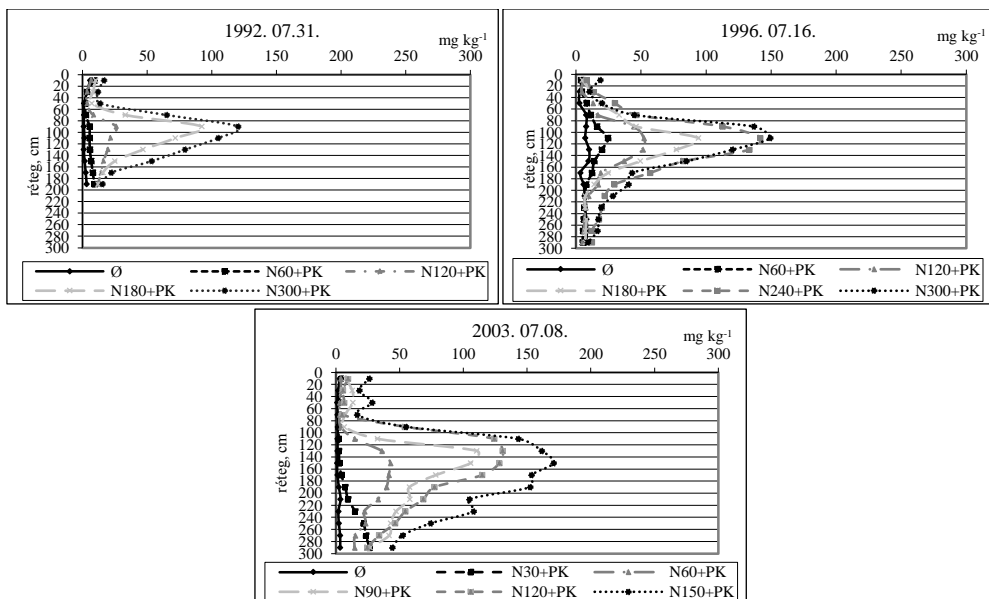
A csernozjom talaj  $\text{NO}_3\text{-N}$  mennyisége a vizsgálati időszak alatt a kontroll kezelésben gyakorlatilag nem változott a teljes talajszelvényben (0-300 cm), A kísérlet beállítását követő 5, évben a 0-100 cm talajszelvény  $\text{NO}_3\text{-N}$  tartalma  $2\text{-}5 \text{ mg kg}^{-1}$  között mozgott, mely értékek a 20, évben is hasonlóak maradtak ( $1\text{-}3,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) a 0-300 cm talajszelvényben, A legnagyobb műtrágyadózisú ( $\text{N}_{300/150+\text{PK}}$ ) kezelésben 0-20 cm talajrétegben a kísérlet 5, és 20, éve között minimális mértékű növekedést tapasztaltunk a  $\text{NO}_3\text{-N}$  tartalomban (1988-ban  $8,1 \text{ mg kg}^{-1}$ , 2003-ban  $26,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ), A mobilis  $\text{NO}_3\text{-N}$  esetében a markáns, döntő változások az alsóbb talajrétegekben következtek be, A  $\text{NO}_3\text{-N}$  tartalom erőteljes növekedése elsősorban a nagyadagú N-trágyázás időszakában (1983-1996) volt jelentős (1988-ban  $32 \text{ mg kg}^{-1}$   $\text{NO}_3\text{-N}$

maximum, 1996-ban 150 mg kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>-N maximum), de lassuló mértékben azt követően is tapasztaltuk a NO<sub>3</sub>-N felhalmozódásának növekedését a talajban (1999-ben 170 mg kg<sup>-1</sup>, 2003-ban 171 mg kg<sup>-1</sup>) (1, táblázat),

1, táblázat: NO<sub>3</sub>-N felhalmozódás csernozjom talajban (Debrecen, 1983-2003)

Vizsgálati év	Kísélet beállításától eltelt évek	NO <sub>3</sub> -N akkumulációs zóna (cm)	Maximális NO <sub>3</sub> -N érték (mg kg <sup>-1</sup> )
1988	5	80-100	32
1992	9	80-130	120
1996	13	80-160	150
1999	16	140-200	170
2001	18	120-240	270
2003	20	100-250	170

Vizsgálati eredményeink azt is bizonyították, hogy a NO<sub>3</sub>-N akkumulációs zóna vastagsága fokozatosan növekedett (1988-ban 20-40 cm, 2003-ban 150 cm rétegvastagság) és az alsóbb talajrétegek felé mozdult el. Az is bizonyítható (1, ábra), hogy ez a felhalmozódási szint csak a maximális értékeiben különbözött egymástól az egyes műtrágya kezelésekben, ugyanakkor azonos rétegeket jelentett műtrágya dózistól függetlenül, azaz a nagyobb NO<sub>3</sub>-N mennyiség mozgása nem volt vertikálisan gyorsabb, mint a kisebb NO<sub>3</sub>-N esetében,



1, ábra: A talajszelvény NO<sub>3</sub>-N tartalmának változása műtrágyázás hatására (Debrecen, csernozjom talaj)

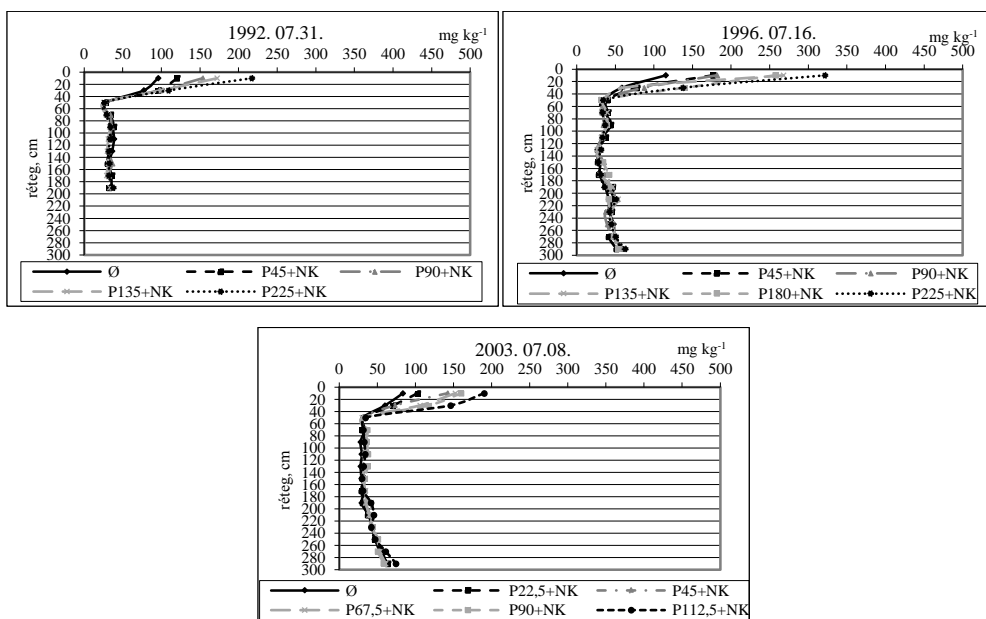
Teljesen más folyamatok és változások jellemezték a tartamkísélet talajának P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és K<sub>2</sub>O-tartalmának időbeli és térbeli változásait a növekvő adagú műtrágyázás hatására. A csernozjom talaj foszfor-tartalma a nagyadagú foszfortrágyázás (1983-1996, évek között 45-225 kg ha<sup>-1</sup> év<sup>-1</sup> adagok) hatására jelentős változásokat mutatott már a kísérlet beállítását követő 5. évben. A nagyadagú foszfortrágyázás hatására határozott P-szintek alakultak ki már 1988-ra (2, táblázat), melyet jól jellemez a kontroll (0-20 cm talajrétegben 95,10 mg kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalom) és a maximális foszfor trágyakezelés értéke (188,40 mg kg<sup>-1</sup>),

## A műtrágyázás hatása a csernozjom talaj NPK tartalmára tartamkísérletben

2, táblázat: A csernozjom talaj P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmának időbeli változása trágyázás hatására (Debrecen, 1983-2003)

Vizsgálati év	A beállításától eltelt évek	kontroll	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> =225/112,5 kg ha <sup>-1</sup>
		0-20 cm talajréteg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tartalma (mg kg <sup>-1</sup> )	
1988	5	95,10	188,40
1992	9	95,69	217,01
1996	12	115,45	321,43
1999	16	68,93	268,10
2001	18	82,83	252,23
2003	20	83,80	190,15

Vizsgálati eredményeink egyértelműen bizonyították, hogy a csernozjom talajban a foszfor műtrágyázás hatására csak a felső, művelt talajrétegek (0-20 cm, 20-40 cm) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalma változott. A vizsgálati időszak 20 éve alatt a P-trágyázás hatására a talaj 0-20 cm és 20-40 cm rétegeinek P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma erőteljesen növekedett. A műtrágyázással bevitt foszfor mennyiség csak a művelt talajrétegben (0-40 cm) maradt, az az alatti talajrétegekben a foszfor vertikális mozgását nem lehetett kimutatni,



2, ábra: A talajszelvény AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalmának változása műtrágyázás hatására (Debrecen, csernozjom talaj)

A nagyadagú trágyázás időszakában (1983-1996) ez a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalom növekedés a későbbiekben is folytatódott, majd a féladagok bevezetése és alkalmazása után a legnagyobb műtrágya kezelés talajának P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-tartalma határozottan csökkenő tendenciát mutatott, ezzel is bizonyítva, hogy a búza – a N mellett – a termésképzéséhez jelentős mennyiségű P-t igényel (2, ábra),

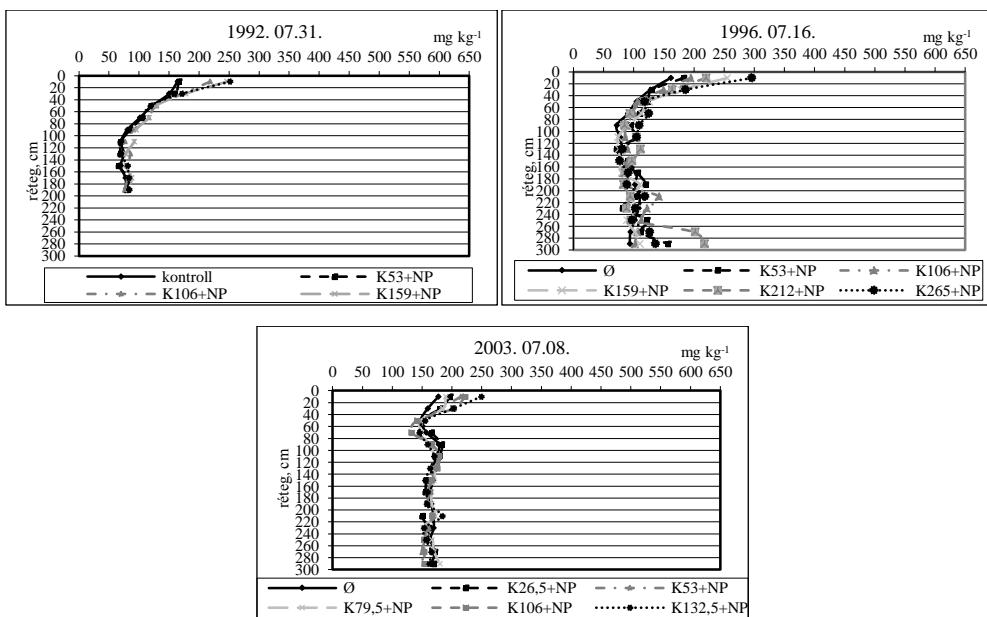
A tartamkísérlet eredményei a talaj kálium-tartalma tekintetében a foszforhoz hasonló változásokat mutatnak, bizonyos vonatkozásban azonban eltérések tapasztalhatók, A

tartamkísérletben alkalmazott nagyadagú kálium műtrágyázás (1983-1996, között 53-265 kg ha<sup>-1</sup> év<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O műtrágya adagok+NP) hatására a talaj felső 0-20 cm és 20-40 cm rétegeinek kálium-tartalma a kísérlet beállításától kezdve fokozatosan növekedett, A foszfor-tartalom esetében a műtrágyázás hatására a tápanyaglepcsők jelentős mértékű elkülönülése, kialakulása már a kísérlet beállításától számított 5. évben (1988. év) megtörtént, addig a talaj felső rétegeiben (0-20 cm, 20-40 cm) az AL-oldható káliumtartalom csak a kísérlet 9. évében (1992. év) lett markánsan különböző, A nagyadagú műtrágyázás hatására a legnagyobb dózisú műtrágya kezelésben a káliumtartalom (3. táblázat) elérte a 300 mg kg<sup>-1</sup> értéket (1996. év), majd a műtrágya adagok megfelezését követően (1996-2003. évek) a káliumtartalom öt évig nem változott (1999-ben és 2001-ben 300 mg kg<sup>-1</sup> értékek), ezt követően mérsékelten csökkent (2003-ban 250 mg kg<sup>-1</sup>),

**3. táblázat: A csernozjom talaj K<sub>2</sub>O tartalmának időbeli változása trágyázás hatására (Debrecen, 1983-2003)**

Vizsgálati év	A beállításától évek	kísérlet eltelt	kontroll	K <sub>2</sub> O=265/132,5 kg ha <sup>-1</sup>
			0-20 cm talajréteg K <sub>2</sub> O tartalma (mg kg <sup>-1</sup> )	
1988	5		145,80	190,13
1992	9		164,08	251,38
1996	12		161,38	295,95
1999	16		182,03	303,60
2001	18		232,65	305,75
2003	20		177,55	249,28

A foszforhoz hasonlóan a kálium esetében is a talaj felső, művelt rétegeinek (0-20 cm, 20-40 cm) kálium-tartalma növekedett jelentős mértékben, A növekedés a 0-20 cm-es rétegben sokkal nagyobb mértékű volt, mint az alatta elhelyezkedő rétegben (20-40 cm) (3. ábra),



**3. ábra: A talajszelvény AL-oldható K<sub>2</sub>O tartalmának változása műtrágyázás hatására (Debrecen, csernozjom talaj)**



### Következtetések

A 20 éves tartamkísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy csernozjom talajon a búza igényét meghaladó adagú N-műtrágyázás jelentősen növeli a talaj  $\text{NO}_3\text{-N}$  mennyiségét, A  $\text{NO}_3\text{-N}$  akkumulációs réteg műtrágyakezelésektől függetlenül azonos talajszelvényben alakult ki, mely felhalmozódási szint fokozatosan lefelé mozgott a szárazságra hajló, kontinentális klímájú alföldi viszonyok között is, A kísérlet 20. évében a felhalmozódási zóna 100-250 cm között helyezkedett el, a maximális  $\text{NO}_3\text{-N}$  mennyiség  $170\text{-}270 \text{ mg kg}^{-1}$  között változott évről-évre, amely komoly potenciális és effektív környezetvédelmi veszélyt jelent,

A talaj foszfortartalma a növekvő műtrágyakezelések hatására jelentősen növekedett, a növekvő műtrágya adagok hatására a P-lépcsők már a kísérlet beállítása utáni 5. évben markánsan kialakultak, míg a K-lépcsők divergenciája a kísérlet 9. évében következett be, A P- és K-tartalom változása döntően a talaj felső 0-20 cm és 20-40 cm-es rétegeiben történt,

A teljes adagú műtrágyázást (1983-1996) követően a féladagú P- és K-trágyázás kisebb tápanyagvisszapótlása miatt a P-tartalom jelentősen, a K-tartalom mérsékelten csökkent a felső 0-20 cm és 20-40 cm rétegekben (1996-ban a  $\text{P}_2\text{O}_5$ -tartalom 0-20 cm rétegben  $321 \text{ mg kg}^{-1}$ , a 20-40 cm rétegben  $137 \text{ mg kg}^{-1}$  a legnagyobb műtrágya kezelésben, 2003-ban pedig  $190 \text{ mg kg}^{-1}$ , ill,  $146 \text{ mg kg}^{-1}$ ; a  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalom 1996-ban  $296 \text{ mg kg}^{-1}$  a 0-20 cm-es rétegben,  $186 \text{ mg kg}^{-1}$  a 20-40 cm-es rétegben, 2003-ban  $249 \text{ mg kg}^{-1}$ , ill,  $202 \text{ mg kg}^{-1}$  értékek), A talaj foszfortartalma a 60-300 cm-es talajszelvényben sem a kontroll, sem a műtrágyakezelésekben nem változott a tartamkísérlet 20 éves periódusa alatt, amely ezen makroelem minimális mozgására utal, A csernozjom talaj káliumkészlete viszont mind a 100-200 cm-es, mind a 200-300 cm-es talajzónában mintegy  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$ -ral, ill,  $800\text{-}1000 \text{ kg ha}^{-1}$ -ral növekedett mind a kontroll, mind a műtrágya kezelésekben egyaránt, amely az időjárás és az agrrotechnika által kiváltott káliumtartalom növekedésével, valamint annak alsóbb talajrétegekbe történő mozgásával hozható összefüggésbe,

### Irodalomjegyzék

- AKENTEVA, L.L, (1982): Vlijanie zapaszov vlagi na ispolzovanie azota iz pocsvü, effektivnoszt azotnüh udobrenij i kacsesztvo urozsaja, Agrohimiya, Moszkva 7, p, 22-28,
- ALCOZ, M.M., HONS, F.M, & HABY, V.A, (1993): Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen, Agronomy Journal, 85, (6) p, 1198-1203,
- BALIK, J., VANEK, D., PAVLIKOVA, D., & PRIBYL, A, (1995): Changes in soil nitrogen and carbon contents with continuous cultivation of silage maize at different nitrogen fertilizer rates, Rostlinna-Vyroba, 41, p, 427-432,
- BOBRICKAJA, M.A, (1975): Vümüvanie pitatelnüh elementov iz pahotnüh pocsvü necsernozjemnoj zonü RSZSZR, Agrohimiya, Moszkva, 11, p, 142-153,
- BYSTRITSKAYA, T.L, & STEPNIIEWSKA, S, (1990): Using an electroultrafiltration method for determining soil nitrogen, phosphorus, and potassium available to plants, Agrokimiya, 1, p, 126-130,
- CZERATZKI, W, (1972): Transport von Nährstoffen aus der mineralischen Düngung durch Bodenperkolatation unter den Wurzelhorizont, Umweltschutz in Land- und Forstwirtschaft, Hamburg-Berlin, Verlag Paul Parey, p, 465-476,

- DEBRECZENI, B. & DEBRECZENI, BNÉ, (1983): Tápanyag- és vízellátás kapcsolata, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest,
- FEIGENBAUM, S., BARTAL, A. & SPARKS, D,L, (1990): Dynamics of soil potassium in multicationic systems, Development of K-fertilizer recommendations, 22<sup>nd</sup> Colloquium of the International Potash Institute, p, 125-141,
- FOTYMA, S. & GOSEK, S, (1991): Long term potassium fertilization in Poland, Potash-Review, 12 Suite 8: (2) p, 1-3,
- HALVORSON, A,D,, WIENHOLD, B,J, & BLACK, A,L,: 2001, Tillage and nitrogen fertilization influence grain and soil nitrogen in an annual cropping system, Agronomy Journal, 93, (4) p, 836-841,
- KÁDÁR, I. & NÉMETH, T, (1993): Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben, Növénytermelés, 42, (4) p, 331-338,
- KAPUR, M,L,, TALUKDAR, N,C, & RANA, D,S, (1986): Changes in soil potassium and its uptake with maize-wheat rotation under different levels of fertilization, Indian Journal of Agricultural Sciences, 56: (11) p, 779-782,
- LEFEVRE, G. & GACHON, L, (1988): Potassium leaching, Phosphorus and potassium in soil plant relations, p, 53-78,
- NÉMETH, T, (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest,
- NÉMETH, T. & KÁDÁR, I, (1999): Nitrát bemosódásának vizsgálata és a nitrogénmérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben, Növénytermelés, 48, (4) p, 377-386,
- NÉMETH, T., KOVÁCS, G. & KÁDÁR, I, (1988): A NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> és a sóbemosódás vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben, Agrokémia és Talajtan, 36-37, p, 109-126,
- NIRA, R. & NISHIMUNE, A, (1998): Accumulation of fertilizer nitrogen applied at different times into grain and uptake of soil nitrogen by winter wheat in Hokkaido, Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 69, (6) p, 604-611,
- PEPÓ, PÉ, (1991): Őszi búzafajták trágyázása és öntözése, Kandidátusi értekezés, Debrecen,
- PLIUPELYTE, E., LAZAUSKAS, S., VAISVILA, Z., MATUSEVICIUS, K., SKIRPIENE, M., EZERINSKIENE, N., GREIMAS, G, GRIGIENE, I., PETRAITIENE, V., NOVIKOVAS, V., PUTILOVIENE, A, KRISTAPONYTE, I., SIMANUASKYTE, E., ALEKNAVICIUTE, O., KATINAS, K., SIMANAVICIENE, O. & KONCEVICIENE, L,R, (1995): Effect of inorganic soil nitrogen content and nitrogen fertilizer rate on winter wheat and rye, Lietuvos-Zemdirbystes-Instituto-Mokslo-Darbai, -Zemdirbyste, No, 44, p, 143-154,
- POWLSON, D,S,, HART, P,B,S,, PRUDEN, G. & JENKINSON, D,S, (1986): Recovery of 15N-labelled fertilizer applied in autumn to winter wheat at four sites in eastern England, J, Agric, Sci., Camb, 107: p, 611-620,
- RASP, H., KOCH, E., BUCHMANN, I. & MIX, G,P, (1988): Development of soil nutrient contents in four phosphate fertilizer experiments with grapevines. Mitteilungen Klosterneuburg Rebe und Wein, Obstbau und Fruchteverwertung, 38, (4) p, 138-150,
- RUZSÁNYI, L., PEPÓ, PÉ, & SÁRVÁRI, M, (1994): Evaluation of major agrotechnical factors in sustainable crop production, Agrokémia és Talajtan, 43, (3-4) p, 335-343,

## **A műtrágyázás hatása a csernozjom talaj NPK tartalmára tartamkísérletben**

---

SKALA, J, & KRISTAN, F, (1989): Potassium and magnesium in a long-term trial on grey-brown podzolic soil, *Rostlinna Vyroba*, 35, (6) p, 563-573,

STRONG, W,M, & COOPER, J,E, (1980): Recovery of nitrogen by wheat from various depth in a cracking clay soil, *Aust, J, Exp, Agric, Anim, Husb, Melbourne*, 20, (102) p, 82-87,

VOPENKA, L, (1989): Detailed determination of potassium fertilization from data on non-exchangeable potassium in soil, *Rostlinna Vyroba*, 35, (6) p, 595-602,

WALLGREN, B., & LINDEN, B, (1991): Residual nitrogen effects of green manure crops and fallow, *Swedish Journal of Agricultural Research*, 21, (2) p, 67-77,

WIESBOCK, J, (1986): Yield effects of nitrogen on winter wheat in relation to inorganic soil nitrogen (N<sub>min</sub>) in the Pannonia area of Austria, *Bodenkultur*, 37, (1) p, 37-44,



## Talajváltozók vizsgálata a pilisi Hosszú-hegyen - Az alapállapot felvétele és az első év eredményei

*Sass Vivien és Bidló András*

*Nyugat-magyarországi Egyetem – Erdőmérnöki Kar, Környezet- és Földtudományi Intézet  
E-mail: [sass.vivien@uni-sopron.hu](mailto:sass.vivien@uni-sopron.hu)*

### Összefoglaló

Az erdők természetességének megőrzése igen fontos cél, ennek megfelelően az erdőállományok felújításában ismét előtérbe kerültek a természetközeli felújítási módok, 2014-ben elindult egy erdészeti-erdőökológiai kísérlet, amely a különböző fahasználati módok termőhelyre, felújulásra és biodiverzitásra gyakorolt hatását vizsgálja. A kutatás részeként vállaltuk a mintaterületek talajában bekövetkező változások nyomon követését (pH, hy, szervesanyag-, C-, N-, K- és P-tartalom). Az alapállapotot 2014-ben mértük fel, a beavatkozás pedig 2015 elején valósult meg. Jelen munkában a kutatás első eredményeit kívánjuk bemutatni,

### Summary

Conservation of natural forest is a very important target, so the natural restoration methods have been highlighted again in the renovation of the forests. In 2014 set off a forestry-forest ecological experiment that examines the effects of different forestry management mode for production site, regeneration and biodiversity. We undertook as part of the research that we were monitoring the soil conditions of the research area (pH, hy, organic matter, and C-, N-, K-, P- content). The measuring of the base condition began in 2014 and the treatment was done at the beginning of 2015. In this study we would like to present the first results of the soil research,

### Bevezetés

A 2000-es évek elejétől Magyarországon is egyre erősebben kezdett elterjedni és szakmai szinten is széles körűen elfogadottá válni a folyamatos erdőborítás gyakorlati jelentősége. A napjainkra megváltozott környezet és társadalmi igények hatására egyre nagyobb figyelem fordul a folyamatos erdőborítást biztosító üzemmódok (szálalás, átalakító üzemmód) felé. Ezek célja, az ökológiai szempontok biztosítása mellett, a tartamos erdőgazdálkodás fenntartása,

Az erdők hosszú távú kezelése, fenntartása során a termőhely termőképességének megtartása kulcsfontosságú, az erdészeti beavatkozások, az erdőkezelések módja viszont erősen befolyásolhatják a talaj tulajdonságait. Tarvágás után például átmenetileg jelentősen megnövekedik a területen a hozzáférhető tápanyagtartalom (PRESCOTT, 2002; MUSCOLO et al., 2006), szélsőséges változást okozva a nitrogén-ciklusban (RITTER, 2005), nő a hőmérséklet és nedvességtartalom és az első évtizedekben csökken az avar mennyisége (COVINGTON, 1981). A lékes felújítással viszont lehetőség van épp a nagy vágásterület okozta szélsőséges (biotikus, abiotikus) változások csökkentésére. Már az 1980-as évektől indultak kutatások a lékekben bekövetkező változások vizsgálatára, napjainkra pedig egyre inkább előtérbe kerül a téma kutatása. Eleinte elsősorban az abiotikus tényezők közül a fényre, mikroklímára, valamint a talajnedvességi és hőmérsékleti viszonyokra koncentráltak (pl. CANHAM, 1988; GRAY et al.,

2002; DEVINE & HARRINGTON, 2007), de a 2000-es évektől egyre több kutatás foglalkozik a lékekben zajló a fizikai és kémiai folyamatokkal (pl. RITTER 2005; VESTERDAL et al., 2008; ÖZCAN & GÖKBULAK, 2014), Hazai viszonyok között azonban még mindig nincs elegendő adatunk arra vonatkozólag, hogy melyik is az az erdőgazdálkodási mód, mellyel adott termőhely termőképessége leginkább megóvható – bár mára már bő egy évtizede végeznek erre vonatkozóan vízgazdálkodási- és talajtani kutatásokat – pl. GÁLHIDY et al., (2006); CSIHA et al., (2011); BIDLÓ et al., (2012, 2014) – lékes felújítás alá vont, különböző magyarországi erdőtípusokban,

Kutatásunk célja - egy nagyobb kutatás részeként (ÓDOR, 2015)-, hogy egy gyertyános-kocsánytalan tölgyesben kialakított kísérleti területen nyomon kövessük a különböző fahasználati módoknak (egyenletes bontás, lékes felújítás, mikrotarvágás, hagyásfacsoport) a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaira gyakorolt hatását, E munkában az alapállapot felméréseinek és a beavatkozás utáni első év eredményeit kívánjuk bemutatni, Célunk volt ezen kívül az egyes blokkok közötti különbségek kimutatása is, hiszen ez nagyban befolyásolja a későbbi kiértékelés lehetőségét,

### Anyag és módszer

Kutatásunk helyszíne egy 40 ha-os gyertyános-kocsánytalan tölgyes, Pilisszentkereszt község határában, A terület a Pilisi Parkerdő Zrt, gazdálkodása alatt áll, a kísérleti blokkok pedig a 21A, 24C és 25B erdőrésztelkekben kerültek kialakításra,

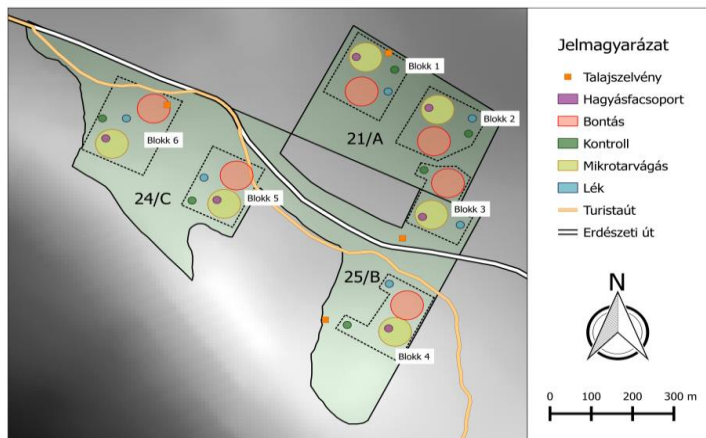
A terület a Dunántúli-középhegység erdészeti tájcsoport Pilis–Budai-hegység erdészeti tájába tartozik (HALÁSZ, 2006), A Pilis fő építőanyaga a dolomit, ugyanakkor a vizsgált területen, a felszín közelében, mozaikos elrendezésben elsősorban mészkővel, homokkővel és lösszel található,

A területen általunk nyitott talajszelvények alapján, az alacsonyabb részekben mély és igen mély termőrétegű agyagbemosódásos barna erdőtalajokkal, a magasabb fekvésben viszont sekélyebb barna rendzinákkal is találkozhattunk, A felszínen több helyen megjelenik a nyers kőzetfelszín, amely erős lejtőhordalék hatásra utal, A talajokban lévő különbség, a terepi bejárások alapján, nem jelenik meg az erdőállományokon, illetve az aljnövényzeten,

A kísérleti területen teljes blokk elrendezésben öt kezelés történt, hat ismétléssel (1, ábra), A kezelések: egyenletes bontás, lékes felújítás, mikrotarvágás, hagyásfacsoport és kontroll - kezelésként néhány száz m<sup>2</sup>-es területen, Az erdészeti kezeléseket 2015 év elején, vegetációs időszakon kívül végezték el, A mintavétel, a mért változóink nyomon követésére, évente kétszer történik: egyszer a késő tavaszi- kora nyári (I,) és egyszer az őszi (II,) időszakban, Kezelésként 4 mintavételi pontot jelöltünk ki, a talajmintákat a talaj felső 20 centiméteréből gyűjtöttük,

A mintavétel után a talajmintákat laboratóriumi vizsgálatoknak vetettük alá, Meghatároztuk az egyes talajminták kémhatását, a Kuron-féle higroszkóposágát, valamint a szervesanyag-tartalmát, BELLÉR (1997) alapján, A talajminták tápelemeinek mennyiségi vizsgálatánál átlagmintákból dolgoztunk: az adott kezelés előkészített, átszitált 4 almintájából 1:1 arányú kevert mintát állítunk elő, ebből határozzuk meg az összes szén- és nitrogén- (Elementar Vario CNS készülékkel), valamint az ammónium-laktát oldható (AL-)felvehető foszfor- és kálium-tartalmat, szintén BELLÉR (1997) alapján,

## Talajváltozók vizsgálata a pilisi Hosszú-hegyen - Az alapállapot felvétele és az első év eredményei



1.ábra, A blokkok és kezelések elhelyezkedése a kísérleti területen

**Forrás: MTA ÖBI (OTKA K111887)**

A kiértékelést MS Excel és STATISTICA (DELL, 2016) programokkal végeztük. A statisztikai kiértékelésnél (ANOVA, ill. Kruskal-Wallis analízis) minden esetben 5%-os szignifikancia szintet ( $p=0,05$ ) vettünk alapul,

### Eredmények és értékelésük

A következőkben megpróbáljuk vázlatosan bemutatni eddigi eredményeinket,

#### Kémhatás

A vizsgált talajminták vizes kémhatása 3,9-es és 6,3-as pH-értékek között volt (1. táblázat), ami erősen savanyú, savanyú, illetve gyengén savanyú kémhatásra utal (STEFANOVITS et al., 2010). A blokkok összehasonlító vizsgálata során mutatkozott statisztikailag jelentős eltérés, de ez mintavételi időszakonként eltérően jelentkezett: 2014-es év második mintavételénél az 1-es és 6-os ( $p=0,0098$ ), 2015 tavaszi mintavétel talajmintáinak vizsgálatánál az 1-es és 4-es ( $p=0,0164$ ) blokk között, A 2015 őszi gyűjtött mintáknál pedig az 5-ös blokk mutatott szignifikáns különbséget a 2-es ( $p=0,0455$ ), illetve a 3-as ( $p=0,0443$ ) bloktól pH tekintetében,

**1. táblázat A talajminták pH-értékeinek alapstatisztikája, blokkonkénti felbontásban**

pH H <sub>2</sub> O [-]																
Blokk	2014 - I,				2014 - II,				2015 - I,				2015 - II,			
	$\bar{x}$	SD	Min	Max	$\bar{x}$	SD	Min	Max	$\bar{x}$	SD	Min	Max	$\bar{x}$	SD	Min	Max
1-es	4,6	0,255	4,3	5,2	4,7	0,294	4,2	5,3	4,7	0,230	4,3	5,1	4,7	0,216	4,3	5,1
2-es	4,5	0,229	4,3	5,0	4,5	0,218	4,1	5,1	4,5	0,193	4,2	5,0	4,6	0,200	4,3	5,1
3-as	4,7	0,311	4,3	5,5	4,5	0,274	4,1	5,0	4,5	0,218	4,3	5,2	4,6	0,165	4,4	5,1
4-es	4,4	0,263	4,2	5,1	4,4	0,236	4,1	5,1	4,3	0,120	4,2	4,6	4,8	0,254	4,5	5,4
5-ös	4,7	0,502	4,2	6,3	4,5	0,336	3,9	5,2	4,6	0,305	4,1	5,3	4,9	0,317	4,5	5,8
6-os	4,5	0,243	4,2	5,0	4,3	0,228	4,0	4,8	4,5	0,168	4,3	4,9	4,7	0,209	4,4	5,1

### Kuron-féle higroszkóposság

A talajminták higroszkópossági (hy) értékei 1,02 és 5,32% között voltak, de az átlag értékek 1,26% és 2,32% közöttiek (2. táblázat), ami homokos vályog, vályog fizikai féleségre utal. Azonban a felső szintben található humusz hatását is figyelembe kell venni, mivel ez nagy mennyiségű vizet képes megkötni, így módosíthatja a kapott eredményeket,

Higroszkóposság szempontjából a 4-es blokk az összes mintavételi időszakban mutatott statisztikailag is jelentős eltérést, több, tőle távolabb elhelyezkedő bloktól. Ezek egy része rendszeresen megjelent: a 4-es és a 2-es blokk (2014 – I,  $p=0,0125$ , 2015- I,  $p=0,0085$ , ill, 2015- II,  $p=0,0267$ ), valamint a 4-es és 5-ös blokk között (2014 – I,  $p=0,0032$ , 2014 – II,  $p=0,0074$ , 2015 – II,  $p=0,0032$ ). Ezenkívül a 2014 őszi talajminták adatai alapján az 1-es ( $p=0,0301$ ), a 2015 tavaszi adatok alapján pedig a 3-as bloktól ( $p=0,0125$ ) mutattunk ki szignifikáns különbözöséget,

**2.táblázat A talajminták Kuron-féle higroszkóposság értékeinek alapstatisztikája, blokkonkénti felbontásban**

hy [%]																
Blok k	2014 – I,				2014 – II,				2015 – I,				2015 – II,			
	$\bar{x}$	SD	Mi n	Ma x	$\bar{x}$	SD	Mi n	Ma x	$\bar{x}$	SD	Mi n	Ma x	$\bar{x}$	SD	Mi n	Ma x
1-es	1,87	0,1578	1,65	2,17	2,01	0,1511	1,70	2,33	1,92	0,1134	1,71	2,10	1,68	0,0901	1,40	1,78
2-es	2,02	0,2865	1,45	2,55	1,90	0,3173	1,11	2,52	2,14	0,3396	1,73	3,18	1,89	0,2260	1,54	2,50
3-as	1,81	0,1326	1,59	2,18	1,78	0,1812	1,55	2,10	1,99	0,1164	1,80	2,22	1,64	0,1462	1,44	1,91
4-es	1,44	0,2104	1,25	1,94	1,45	0,2160	1,09	1,92	1,26	0,1334	1,02	1,51	1,48	0,1663	1,19	1,77
5-ös	2,32	0,8909	1,58	5,32	2,31	0,6894	1,55	4,32	2,14	0,8164	1,39	4,88	2,20	0,7777	1,55	4,42
6-os	1,88	0,2991	1,57	2,55	1,92	0,7167	1,40	4,71	1,70	0,3754	1,29	2,89	1,65	0,3367	1,22	2,43

### Szervesanyag-tartalom

A talajminták szervesanyag (humusz)-tartalmát FAO-módszerrel (BELLÉR, 1997) határoztuk meg. Az értékek 2,0 és 13,7 % között voltak az egyes mintákban, de a blokkok átlaga 3,59 és 6,37% közé esett, amely értékek megfelelő tápelem ellátottságra utalnak (3. táblázat),

A talajminták szervesanyag-tartalmának vizsgálata során az első három mintavételi időszakban az 5-ös és 6-os blokkban a másik négy blokkhoz képest kissé magasabb értékeket kaptunk. Az ekkor gyűjtött talajminták szervesanyag-tartalmának eltérése azonban nem volt szignifikáns – kivéve a 2014-es II, mintavételnél az 1-es és az 5-ös blokkot ( $p=0,0489$ ). Az egy évvel későbbi (2015 – II,) mintáknál ez szintén megjelent, illetve további esetekben is mutatkoztak különbségek: a magasabban fekvő, északi 1-es és 3-as blokk humusztartalma szignifikánsan különbözött a déli, alacsonyabb részeken található 4-es és 5-ös bloktól. A minták szervesanyag-tartalmának kismértékű különbségét a blokkok elhelyezkedése vagy mintavételi bizonytalanság is indokolhatja,



## Talajváltozók vizsgálata a pilisi Hosszú-hegyen - Az alapállapot felvétele és az első év eredményei

**3,táblázat A talajminták szervesanyag-tartalmának alapstatisztikája, blokkonkénti felbontásban**

H [%]																
Blokk	2014 – I,				2014 – II,				2015 – I,				2015 – II,			
	$\bar{x}$	SD	Min	Max	$\bar{x}$	SD	Min	Max	$\bar{x}$	SD	Min	Max	$\bar{x}$	SD	Min	Max
1-es	4,43	1,2232	2,78	8,01	3,89	0,7364	2,70	5,43	3,92	0,5153	3,18	4,91	3,64	0,4227	2,95	4,55
2-es	5,00	1,2569	2,00	7,83	4,44	1,0645	2,95	7,20	4,23	0,7816	3,25	6,43	4,48	0,9912	2,89	7,45
3-as	4,65	0,9006	3,62	7,39	4,15	0,7246	2,90	5,80	4,09	0,5574	3,12	4,98	3,59	0,7241	2,54	4,92
4-es	4,20	1,1050	2,40	6,68	4,59	1,5477	2,50	9,30	4,07	0,8860	2,71	6,02	5,82	1,5467	4,08	9,94
5-ös	6,16	2,4228	3,21	12,74	5,79	1,8787	3,47	9,70	5,27	2,2165	3,13	11,79	6,37	2,5813	3,67	13,71
6-os	5,29	1,0784	3,65	7,18	4,83	1,5405	2,33	8,89	4,89	1,3347	2,79	7,96	4,81	1,6727	3,35	11,19

### Tápanyagok

#### Széntartalom

A széntartalmi értékek (2,a) ábra) hasonló eredményt mutattak, mint amit a humusztartalom meghatározásnál tapasztaltunk, A két vizsgálat tulajdonképpen ugyanazt határozza meg, a talajban található szerves szén mennyiségét, csak eltérő módszerrel, A minták széntartalmának átlagértékei 1,94% és 2,93% között mozogtak, Az elemzés során megállapítottuk, hogy az 1-es és 5-ös blokk átlagos széntartalma a 2014-es év első mintavételének időpontjában szignifikánsan különbözött egymástól ( $p=0,041883$ ), ez azonban az egy évvel később begyűjtött talajmintákból nem volt kimutatható,

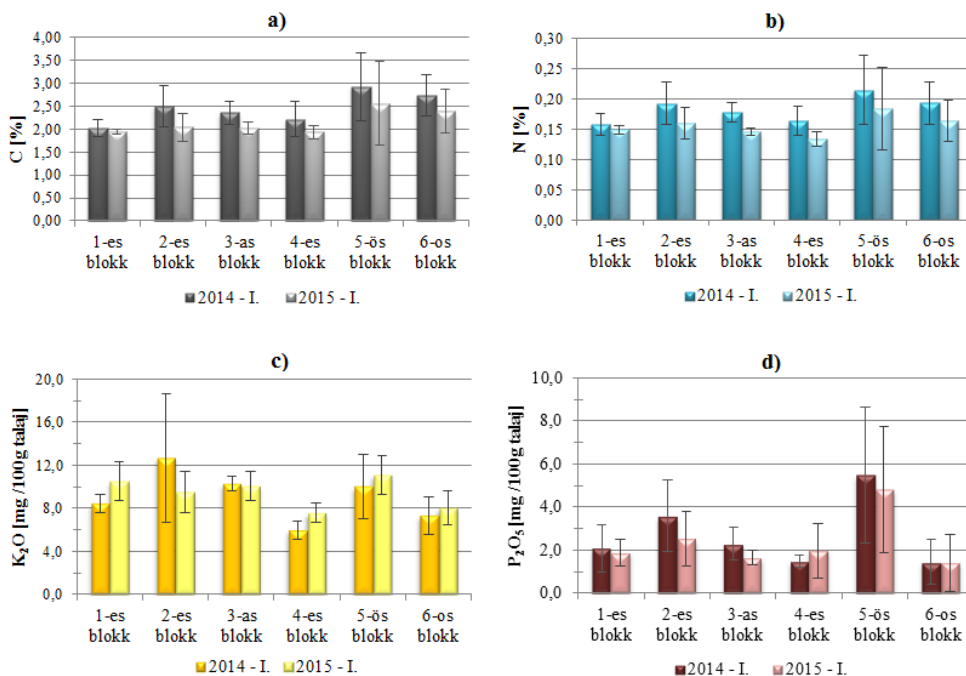
#### Nitrogéntartalom

Az átlagos összes nitrogéntartalmi értékek 0,13 és 0,21 % között változtak (2,b) ábra), Ezen értékek gyenge, valamint közepes nitrogénellátottságra utalnak a mezőgazdasági osztályozás alapján, de erdőterületeken ez a nitrogén-ellátottság jónak minősíthető (STEFANOVITS et al., 2010), Sem a blokkok, sem a kezelések között nem volt kimutatható szignifikáns különbség az adott mintavételi időszakokban,

#### Káliumtartalom

A könnyen felvehető (AL-oldható) káliumtartalmi értékek átlaga a két mintavételi időszak talajmintáiban 5,98 és 12,72  $K_2O$  mg/100 g talaj között mozgott (2,c) ábra), amely alacsony káliumszolgáltató képességnek felel meg a mezőgazdasági osztályozásban (STEFANOVITS et al., 2010), ugyanakkor erdőben nem kell káliumhiánnyal számolnunk,

A káliumtartalom vizsgálata során 2014-es minták esetén a 4-es blokk vált el szignifikánsan a 2-es ( $p=0,019571$ ) és a 3-as ( $p=0,009655$ ) blokktól, míg a 2015-ös talajminták esetén a 4-es és 5-ös blokk között mutatkozott statisztikailag is jelentős ( $p=0,032713$ ) különbség,



**2.ábra A 2014-es és 2015-ös év első felében gyűjtött talajminták átlagos elem-tartalma**  
a) Széntartalom b) Nitrogéntartalom c) AL-oldható káliumtartalom d) AL-oldható foszfortartalom

#### Foszfortartalom

A talajok AL-oldható foszfor tartalmának átlagértékei 1,41 és 5,48  $P_2O_5$  mg/100 g talaj közé estek (2,d) ábra), Foszfor-ellátottságot tekintve savanyú talajok esetén ez gyenge ellátottságnak minősül, de ennek ellenére a területen utánpótlási zavarokkal nem kell számolni, A 2014-es tavaszi mintavétel talajmintái alapján a 5-ös blokk AL-oldható foszfortartalma jelentősen ( $p=0,004452$ ) különbözik az 1-es, 3-as, 4-es és 6-os blokk értékeitől, ez azonban a következő évben gyűjtött mintákból már nem volt kimutatható, A blokkokon belül, valamint a kezelések között az egyes mintavételi időszakokban szignifikáns eltérést nem találtunk,

#### Összefoglalás

Kutatásunk során a pilisi Hosszú-hegyen kialakított erdőökológiai kísérleti területen követjük nyomon a különböző erdészeti kezelések erdei ökoszisztémára gyakorolt hatását, Az alapállapot felmérését 2014 tavaszán kezdtük el, a beavatkozás előtt két mintavételre volt lehetőségünk, E munkában a talajtani szempontból fontos változók első eredményeit kívántuk ismertetni,

Az első négy mintavételi időszak során a talaj felső 20 cm-es rétegének változói viszonylag kismértékű eltéréseket mutattak, rendszeresen megjelent szignifikáns különbség egy-egy blokk között, Bár a területen nyitott talajszelvények arra utaltak, hogy jelentős eltérés van a vizsgált blokkok talaj tulajdonságaiban (különösen a termőréteg vastagságában), ez a feltalajban kevésbé jelent meg, Az előzetes eredmények azt mutatják, hogy a terület talajtani szempontból heterogénnek tekinthető, A vizsgálatok alapján ez az eltérés az 5. számú blokknál jelent meg legmarkánsabban, amit a későbbiekben figyelembe kell venni, Az eltérés a

## **Talajváltozók vizsgálata a pilisi Hosszú-hegyen - Az alapállapot felvétele és az első év eredményei**

---

faállományon nem mutatkozik meg, azonban a botanikai felvételek előzetes adataiban a 4. és 5. számú blokk lágyszárú növényzete kisebb eltérést mutat a többi területhez képest. Megállapítható, hogy a 2015 év elején végrehajtott fakitermelések (kezelések) hatása még nem jelent meg az eddigi felvételekben,

Feltételezzük, hogy a blokkok közötti eltéréseket nagyobb mértékben meg fogják haladni a kezelésekből adódó talajtani változások, Ugyanakkor egyes blokkok megfelelő összehasonlítási lehetőséget adnak,

Munkánk a Pilis Parkerdő Zrt, támogatásával, valamint a VKSZ 12-1-2013-0034 Agrárklíma 2, és az OTKA-K-111887 Erdészeti fahasználatok termőhelyre, felújulásra és biodiverzitásra gyakorolt hatásának kísérletes vizsgálata projektek keretében készült,

### **Irodalomjegyzék**

BELLÉR P, (1997): Talajvizsgáló módszerek, Egyetemi jegyzet, Soproni Egyetem, Termőhelyismerettani Tanszék, Sopron, p.118,

BIDLÓ A.; BODOLÁR-VARGA B.; HORVÁTH A.; NÉMETH E.; ŠIMKOVÁ, I. és SZÜCS P, (2014): Talajvizsgálatok Dunántúli erdőállományok lékjeiben, In: Bartha D, – Puskás L, (szerk.): *Silva naturalis – A folyamatos erdőborítás elméleti alapjainak és gyakorlati megvalósításának sorozata* Vol, 6., Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 65-86,

BIDLÓ A.; ELMER T, & SZÜCS P, (2012): Talajfejlődési folyamatok a Pilistetői Örökerdőben, In: Lett B, – Schibernia E, (szerk.): *Múlt és jövő III, A folyamatos erdőborítás gazdálkodói szemmel*, Nyugatmagyarországi Egyetem, Sopron, 16-23,

CANHAM, C, D, (1988): An index for understory light levels in and around canopy gaps, *Ecology*, 69: 1634–1638,

COVINGTON, W,W, (1981): Changes in forest floor organic matter and nutrient content following clear cutting in Northern Hardwoods, *Ecology*, 62(1):41-48,

CSIHA I.; KESERŰ Zs, & RÁSÓ J, (2011): Kocsányos tölgy állományok hatása szikes termőhely vízgazdálkodására, *Tudományos eredmények a gyakorlatban*, Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, poszter, Sopron,

DELL Inc, (2016): Dell Statistica (data analysis software system), version 13, software,dell.com,

DEVINE, W,D, & HARRINGTON, C,A, (2007): Influence of harvest residues and vegetation on microsite soil and air temperatures in a young conifer plantation, *Agricultural and Forest Meteorology*, 145: 125–138,

GÁLHIDY, L.; MIHÓK, B.; HAGYÓ, A.; RAJKAI, K, & STANDOVÁR, T, (2006): Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a Hungarian beech forest, *Plant Ecology*, 183: 133–145,

GRAY, A,N.; SPIES, T,A, & EASTER, M,J, 2002: Microclimate and soil moisture responses to gap formation in coastal Douglas-fir forests, *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 332–343,

HALÁSZ G, (szerk.) (2006): Magyarország erdészeti tájai, Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest, 153 p,

MUSCOLO, A., SIDARI, M., & MERCURIO, R. (2007): Influence of gap size on organic matter decomposition, microbial biomass and nutrient cycle in Calabrian pine (*Pinus laricio*, Poiret) stands, *Forest Ecology and Management*, 242: 412–418,

ÓDOR P. (2015): Erdőökológiai kísérlet terepi bemutatója a Pilisben, *Erdészeti lapok*, 150 (11): 337,

ÖZCAN, M., & GÖKBULAK, F. (2014): Effect of size and surrounding forest vegetation on chemical properties of soil in forest gaps, *iForest, Biogeosciences and Forestry*, (early view): e1–e6,

PRESCOTT, C.E. (2002): The influence of the forest canopy on nutrient cycling, *Tree Physiology*, 22: 1193-1200,

RITTER, E. (2005): Litter decomposition and nitrogen mineralization in newly formed gaps in a Danish beech (*Fagus sylvatica*) forest, *Soil Biology & Biochemistry* 37:1237-1247,

VESTERDAL, L.; SCHMIDT, I. K.; CALLESEN, I.; NILSSON, L. O. & GUNDERSEN, P. (2008): Carbon and nitrogen in forest floor and mineral soil under six common European tree species, *Forest Ecology and Management* 255: 35–48,

# Talajtani Vándorgyűlés – Talajtermékenységi és tápanyaggazdálkodási szekció

---

## Tartamhatások az energetikai célra termesztett fűzzel (*Salix sp.*) beállított szabadföldi kísérletben

*Simon László, Uri Zsuzsanna, Vincze György, Irinyiné Oláh Katalin, Vigh Szabolcs*

*Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/b, simon.laszlo@nye.hu*

### Összefoglalás

Tízkezeléses négyismétléses szabadföldi tartamkísérletet állítottunk be 2011-ben Nyíregyházán kovárványos barna erdőtalajon – 0,4 hektáron – energetikai célra termesztett fűzzel (*Salix triandra x viminalis*, cv. Inger), melyben az ammónium-nitrát (AN) és a karbamid (KARB) fejtrágyák, a települési biokomposzt (TBK), a települési szennyvíziszap komposzt (TSZK), a fűzhamu (FH), valamint a riolittufa (RT) önmagában vagy kombinációkban történő kijuttatásának hatását vizsgáljuk a fűz táp- és toxikuselem-felvételére, hozamára, és más paraméterekre, 2016 januárjában a legnagyobb vesszőhozamot az AN-tal (+56%), KARB-dal (+55%), TBK-tal (+52%), és a TSZK-tal (+60%), illetve a TBK+KARB-dal (+48%) kezelt kultúrákban mértük (ezek a növekmények statisztikailag szignifikánsnak bizonyultak), míg a TSZK+FH-tal kezelt parcellák hozama 13%-kal lecsökkent a kontrolhoz viszonyítva, A fűz vesszők elemösszetételét megvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy az évenkénti AN, illetve KARB fejtrágyázás emelte meg legjelentősebben a N koncentrációt, míg a P koncentráció a legnagyobb a TSZK+FH-val kezelt kultúrában volt, A kezelések a fűz vesszők K, Ca, Mg vagy S-felvételét nem befolyásolták számottevő mértékben, míg az esszenciális mikroelemek (B, Cu, Fe, Mn, Zn) közül elsősorban a cinkfelvételre voltak hatással, A kijuttatott anyagokból nem kerültek át számottevő mennyiségben a fűz vesszőibe toxikus elemek (As, Ba, Cd, Pb),

### Summary

An open-field long term small plot experiment was set up in Nyíregyháza, Hungary during April 2011 with *Salix triandra x viminalis* 'Inger' (grown as an energy crop). The experimental brown forest soil (on 0,4 hectare) was treated with ammonium-nitrate (AN) or urea (UR) top-dressings, and with municipal biocompost (MBC), municipal sewage sludge compost (MSSC), willow ash (WA), rhyolite tuff (RT) soil amendments, and their combinations. Shoots (without leaves) of willow were harvested during January-February 2016 (for the 2<sup>nd</sup> time), AN (+56%), UR (+55%), MBC (+52%), MSSC (+60%), or MBC+UR (+48%) significantly enhanced the wet shoot weight, while in case of MSSC+WA application 13% yield decrease was found, as compared to untreated control. Analysing the elemental composition of harvested shoots it was found, that both nitrogen top dressings enhanced the specific N concentrations. The highest P concentration was detected in MSSC+WA treated culture. Treatments have not affected significantly the concentration of macronutrients (P, K, Ca, Mg, S) in harvested willow shoots, while concentration of micronutrients (B, Cu, Fe, Mn, Zn) was influenced mostly in case of Zn. Accumulation of toxic elements (As, Ba, Cd, Pb) was not significantly changed by the treatments.

## Bevezetés

Mivel a világ könnyen kitermelhető fosszilis energiahordozó-készletei kimerülőben vannak, a folyamatosan emelkedő széndioxid-kibocsátás pedig globális felmelegedéssel fenyeget, ezért a gazdaságilag fejlett országokban is előtérbe került ismét a biomassza energetikai célra történő hasznosítása. Olyan növénykultúrát tekintünk energiaültetvénynek, amelyet elsődlegesen biomassza-termelés és energetikai felhasználás céljából telepítettek (BLASKÓ, 2008; SMART & CAMERON, 2012). A rövid vágásfordulójú, fás szárú energetikai ültetvényekbe hazánkban telepíthető alapfajok közül (45/2007 (VI, 11.) FVM rendelet) – nagy hozama és energiaszolgáltató-képessége miatt – kiemelkedik az energetikai célra termesztett fűz (*Salix* sp.), vagy röviden „energiafűz”. A fűz jól sarjadzik, 2-4 méter hosszú vesszői akár évente betakaríthatóak, a vesszőhozam elérheti akár a 10-12 t szárazanyag/ha/év értéket. Az egyenletesen nagy hozam elérésére képes állomány kialakításához azonban megfelelő mértékű és kiegyensúlyozott tápanyagellátásra van szükség a talajban. Mivel az energiafűz akár 15-20 éven át is folyamatosan egy helyben termesztendő az energiaültetvényekben, ezért gondoskodni kell a talajok rendszeres tápanyag-utánpótlásáról (BAKTI et al., 2014; GYURICZA et al., 2008; GYURICZA, 2011; SMART & CAMERON, 2012). Az energianövények biomassza hozama a talajba kijuttatott szerves és szervetlen trágyákkal, különféle ásványi adalékanyagokkal, hamuval és biohulladékokkal is serkenthető (HASSELGREN, 1998; DIMITRIOU et al., 2006; PARK et al., 2005; SMART & CAMERON, 2012; SIMON et al., 2013).

Az energiafűz tápanyag-igényét, ásványi táplálkozását, táp- és toxikus elem-felvételét, talajlégzését, növényélettani paramétereit és hozamát 2008 óta tanulmányozzuk szabadföldi kísérletekben Nyíregyházán, 2011-ben kiscellás tartamkísérletet állítottunk be energiafűzzel, melyben a barna erdőtalajba különféle nitrogéntartalmú fejrágák mellett települési biokomposztot, települési szennyvíziszap komposztot, riolittufát és fűzhamut juttattunk ki különféle dózisokban és kombinációkban (SIMON et al., 2016). Közleményünkben a fenti talajerő utánpótló anyagok hatását mutatjuk be az energiafűz vesszőhozamára, illetve a betakarított fűzvesszők táp- és toxikus elem-felvételére 2016 telén,

## Anyag és módszer

Szabadföldi tartamkísérletet állítottunk be energetikai célra termesztett fűzzel (*Salix triandra* x *Salix viminalis* „Inger”; licensz-tulajdonos: Lantmännen Agroenergi AB, Svédország; forgalmazó Holland-Alma Kft., Pircse) a Debreceni Egyetem Agrártudományi Központ Nyíregyházi Kutató Intézetének kísérleti telepén 2011 áprilisában. A kísérlet Nyíregyházán, a Westsik Vilmos utca és a repülőtér között helyezkedik el. A múlt században belvízcsatorna kotrási iszappal terített, ezért a tipikusnál lúgosabb kémhatással és nagyobb mésztartalommal rendelkező (eltémetett), kovárányos barna erdőtalaj *alapjellemzői* a telepítéskor az alábbiak voltak a 0-30 cm-es rétegben: pH-H<sub>2</sub>O: 8,10; pH-KCl: 7,52; KA: 31; összes só (m/m%): <0,02; CaCO<sub>3</sub> (m/m%): 4,80; humusz (m/m%): 1,51%; T-érték (mgeé/100 g): 10,4; NH<sub>4</sub>-N (mg/kg): 5,68; NO<sub>3</sub>-N (mg/kg): 6,37; P-713, K-5653, Ca-21773, Mg-5471, Cu-12,7; Mn-653, Zn-44,3; As-38,3; Cd-0,11; Pb-13,6 mg/kg cc, HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kivonatban (felvehető elemkoncentrációkat ld, Simon et al., 2012).

A 4 ismétléssel beállított szabadföldi kísérletben valamennyi kísérleti parcella nettó 27 m<sup>2</sup> alapterületű volt, melyeken belül 40-40 fűzbokor helyezkedik el 0,75 m-es sortávolsággal és 0,6 m-es tőtávolsággal, két 1,5 méteres távolsággal kialakított ikersorban. A talaj legfelső, 0-25 cm-es rétegét 2015-ig az alábbi anyagokkal *kezeltük*:

Kontroll (nem részesült semmilyen kezelésben 2011 óta),

## Tartamhatások az energetikai célra termesztett fűzzel (*Salix sp.*) beállított szabadföldi kísérletben

---

Ammónium-nitrát (AN) fejtrágya 100 kg/ha (2011, június, 2012, június, 2013, május, 2014, május, 2015, június),

Karbamid (KARB) fejtrágya 100 kg/ha (2014, május, 2015, június),

Települési biokomposzt (TBK) 20 t/ha (2011, június, 2013, május),

Települési szennyvíziszap komposzt (TSZK) 15 t/ha (2011, június, 2013, május),

Riolittufa (RT) 30 t/ha (2011, június, 2013, május),

Fűzhamu (FH) 600 kg/ha (2011, június, 2013, május),

TBK+AN vagy KARB fejtrágya,

RT+AN vagy KARB fejtrágya,

FH+AN vagy KARB fejtrágya,

TSZK+FH,

A települési biokomposztot (76% szárazanyag kijuttatáskor) a Térségi Hulladék-Gazdálkodási Kft., a települési szennyvíziszap komposztot (48-56% szárazanyag) pedig a Nyírségvíz Zrt, készíti Nyíregyházán, a riolittufát (82% szárazanyag) a Colas-Északkő Kft, (Tarcal) állította elő, A fűzhamut (99% szárazanyag kijuttatáskor) mi állítottuk elő a kísérleti fűzveszők elégetésével, Az ammónium-nitrátot (34% N) és a karbamidot (46% N) a Nitrogénművek Vegyipari Zrt, (Pétfürdő) készíti és forgalmazza, A talajba kijuttatott anyagok kémiai összetételét korábbi munkánkban ismertettük (SIMON et al., 2015a),

A kosárfonó fűz lomb nélküli *vesszőinek* első betakarítása 2013 januárjában, a második *betakarítása* 2016, január-februárjában, 32-33 hónappal a talajadatok második alkalommal történt kijuttatása után történt, A kísérleti parcellákban található valamennyi bokor esetén kb, 10-15 cm-es magasságban Stihl-fűrészsel kivágtuk az összes vesszőt, melyeket soronként egy-egy kötegbe kötöttünk, Egy-egy sor vesszőiből kialakított köteg nedves össz tömegét táramérleggel mértük meg a helyszínen, így kísérleti parcellánként 4 mérési adatunk, kezelésként pedig  $4 \times 4 = 16$  adatunk keletkezett, Mivel nem volt minden sorban egységesen 10-10 fűzbokor, a ténylegesen betakarított nedves vessző össz tömeget számításokkal 10 bokorra korrigáltuk, illetve azokat a sorokat, ahol a szélhatás miatt irreálisan nagy volt a vesszőhozam (160 sorból 5 esetén), kivettük az értékelésből, Ez esetekben a másik 3 sor hozamátlagával számoltuk ki a korrigált nedves vesszőhozamot 4 sorra (kg/27 m<sup>2</sup>-es parcella),

2016, február 2-3-án mintákat vettünk a betakarított vesszőkből, az aktuális nedvességtartalom (szárazanyag-tartalom) megállapításához, illetve a későbbi kémiai analízis elvégzéséhez, A kivágott és összekötözött kévékben található vesszők földtől számított 1 méteres magasságánál 30-40 cm hosszú szegmenseket vágunk ki ágvágó ollóval, Egy-egy sor kévéiből 5-5 vesszőt vettünk ki, egy-egy parcella esetén 5 db x 4 sor=20 vesszőt mintáztunk meg, Egy-egy kísérleti parcelláról ily módon 900-1700 grammnyi vesszőmintát gyűjtöttünk össze, és összekötegelve beszállítottuk a laboratóriumba, Itt a 30-40 cm hosszú vesszőminták közepéből 10-15 cm-es szegmenseket vágunk ki, melyek tömegét digitális táramérleggel megmértük, majd a mintákat laboratóriumban, folyó csapvízzel gondosan megmostuk (gondosan eltávolítva ezzel az esetleges felületi talaj- és egyéb (zuzmó) szennyeződések), A vesszőmintákat ezután háromszor cserélt desztillált vízzel öblítettünk le, Szárítás (105 °C-on tömegállandóságig, 72 órán át szárítószekrényben) után ismét megmértük a minták tömegét, és kiszámoltuk a fűzveszők szárazanyag-tartalmát a betakarításkor, Ezután a vesszők közepéből 1-1,5 cm-es darabokat vágunk ki rozsdamentes metszőollóval, melyeket IKA kalapácsos malomban 1 mm-nél kisebb részekre aprítottuk, A 20-25 g tömegű mintákat a kémiai analízis elvégzéséig

pattintással zárható műanyag zacskókban, exszikkátorban tároltuk, A kémiai analízis során a Geoderma Bt, budapesti laboratóriumában Kjeldahl-módszerrel (Vapodest 10 készülékkel), illetve és ICP-OES technikával (Ultima 2 Horiba Jobin-Yvon készülékkel) meghatároztuk a fűzveszők makroelem- (N, P, K, Ca, Mg), mikroelem- (B, Cu, Fe, Mn, Zn) és toxikus elem- (As, Ba, Cd, Pb) összetételét, kezelésként 4-4 ismétléssel

Az adatok statisztikai elemzését SPSS 21 szoftver alkalmazásával, variancia-analízis segítségével (ANOVA) Tukey b-tesztel végeztük el,

### Eredmények és értékelésük

Az 1, táblázat szemlélteti az összesített hozamadatokat (a betakarított levél nélküli fűzveszők nedves tömegét) 2016-ban, a 4 független ismétlés átlagát és szórását bemutatva a 27 m<sup>2</sup>-es kísérleti parcellákon, Ebből extrapolálva kiszámoltuk a nedves vesszőhozamot 3 évre, 1 hektárra vetítve (t/ha/3 év), illetve a nedves vesszőhozamot 1 évre vetítve (t/ha), A száraz vesszőhozam ennek kb, a fele, ugyanis a betakarított vesszők nedvességtartalma 50-53% volt,

**1, táblázat: Nitrogén-fejtrágyák és talajadalékok hatása az energiafűz (*Salix triandra x Salix viminalis*, cv, Inger) nedves vesszőhozamára** (Nyíregyháza szabadföldi kísérlet, fűz ültetés: 2011, április; talajadalékok kijuttatása: 2011, június és 2013, május; fejtrágyázás nitrogén műtrágyákkal: 2011, június, 2012, június, 2013, május, 2014, május, 2015, június; levél nélküli fűzveszők 2, betakarítása: 2016, január-február),

Kezelések	Korrigált nedves vesszőhozam* (kg/27 m <sup>2</sup> -es parcella)	Számított nedves vesszőhozam (t/ha/3 év)	Számított nedves vesszőhozam (t/ha/év)	Relatív %
Kontroll	66,3 <sup>ab</sup> (16,1)	24,56	8,19	100
Ammónium-nitrát (AN)	103,4 <sup>d</sup> (36,0)	38,30	12,77	156
Karbamid (KARB)	102,6 <sup>d</sup> (12,7)	38,00	12,67	155
Települési biokomposzt (TBK)	101,1 <sup>d</sup> (21,1)	37,44	12,48	152
Települési szennyvíziszap komposzt (TSZK)	106,3 <sup>d</sup> (28,6)	39,37	13,12	160
Riolittufa (RT)	80,1 <sup>abcd</sup> (19,3)	29,67	9,89	121
Fűzhamu (FH)	72,5 <sup>abc</sup> (11,7)	26,85	8,95	109
TBK+KARB	98,1 <sup>cd</sup> (13,0)	36,33	12,11	148
TSZK+FH	57,7 <sup>a</sup> (11,5)	21,37	7,12	87
FH+KARB	79,0 <sup>bcd</sup> (39,4)	29,26	9,75	119
RT+KARB	89,3 <sup>bcd</sup> (17,2)	33,07	11,00	134



## Tartamhatások az energetikai célra termesztett fűzfel (*Salix sp.*) beállított szabadföldi kísérletben

---

\*4 ismétlés átlaga, zárójelben a szórás szerepel, Variancia-analízis: Tukey-féle b-teszt, A különböző betűindexet kapott értékek (az adott oszlopban) szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) különböznek egymástól,  $n=16$ /kezelés (kivéve:  $n=8$ / AN- vagy KARB- kezelés),

Az adatokból egyértelmű, hogy a hozamot – az évenkénti nitrogén fejtrágyázások mellett – leginkább azok az adalékanyagok (települési biokomposzt, települési szennyvíziszap komposzt) emelték meg jelentősen, melyek szervesanyag- illetve nitrogéntartalma, valamint más makrotápanyag-tartalma jelentős. Jelentős hozamnövelő hatása volt a TBK és a nitrogén fejtrágyák (AN majd KARB) együttes kijuttatásának is, A kontroll kultúrák 2011 óta semmilyen tápanyag-utánpótlásban nem részesültek, így nem meglepő, hogy a fenti talajadalekkek, illetve fejtrágyák kijuttatása esetén a hozamnövekedés elérte az 48-60%-ot, A riolittufa önmagában 21%-kal, karbamiddal együtt kijuttatva pedig 34%-kal növelte meg a nedves vesszőhozamot, ez azonban nem bizonyult statisztikailag szignifikánsnak, Legkevesbé előnyös a települési szennyvíziszap komposzt és a fűzhamu együttes kijuttatása volt, itt már enyhe termésdepressziót (-13%) tapasztaltunk, Összességében a mért hozamok éves átlaga szerénynek (a korábban mások által mért adatoktól kisebbnek, ld, Smart & Cameron, 2012) tekinthető, mely összefüggésbe hozható a 2014-ben és 2015-ben tapasztalt aszályal,

A 2, táblázatban mutatjuk be a fűzvesszők fajlagos (1 gramm szárazanyagra vonatkoztatott) makro- és mikroelem-tartalmát, illetve toxikuselem-akkumulációját a második betakarításkor, 2016 februárjában,

Az évenként kijuttatott ammónium-nitrát fejtrágya hatására 24%-kal emelkedett meg a fűzvesszők fajlagos nitrogén-koncentrációja a kezelésben nem részesült kontrollhoz képest, Mindez csak tendenciaként értékelhető, mivel az adatok szórása miatt a különbség nem volt statisztikailag szignifikáns, A talajkezelések a foszforkoncentráció enyhe csökkenését okozták a kontrollal összehasonlítva, A foszfor esetén ez a trend nem érvényesült a szennyvíziszap komposzt+fűzhamu talajba juttatása esetén (ez esetben mértük a legnagyobb foszforkoncentrációkat), hasonlóan a kalciumfelvételhez, A kezelések nem okoztak szignifikáns különbségeket a fűzvesszők K-, Ca-, Mg- vagy S-felvételében, A legnagyobb kénkoncentrációt az ammónium-nitráttal fejtrágyázott kultúrában mértük,

A mikroelem-felvételt illetően a vesszők fajlagos bórkoncentrációja a szennyvíziszap komposzttal és egyidejűleg fűzhamuval kezelt kultúrákban volt a legnagyobb, mely szignifikánsan haladta meg a riolittufával kezelt kultúráét, A TSZK+FH kezelt kultúrákban mértük a legnagyobb réz- és cinkkoncentrációkat is, A rézkoncentráció szignifikánsan kisebb volt az AN-tal kezelt kultúrában a kontrollhoz, vagy a TSZK+FH kezelt kultúrához képest, A vasfelvétel a legnagyobb a RT+KARB-dal kezelt kultúrában volt, mely szignifikánsan meghaladta a FH-val kezelt kultúráét, A mangánkoncentrációkban nem alakultak ki szignifikáns különbségek, Általános trendként megállapíthatjuk, hogy a legtöbb kezelés lecsökkentette a vesszők fajlagos cinkkoncentrációját a kontrollhoz képest, mely alól a SZK+FH-val kezelt kultúrák jelentettek kivételt, Hasonló jelenséget figyeltünk meg 2013-ban is, amikor a fűzvesszőket első alkalommal takarítottuk be (URI et al., 2015; Simon et al., 2015b), A legkisebb cinkkoncentrációkat (a kontroll érték mintegy kétharmadát) az AN-tal és KARB-dal (korábban AN-tal) kezelt kultúrákban mértük, és egyidejűleg e két, nitrogén műtrágyával fejtrágyázott kultúrában volt a legnagyobb a vesszőkben a nitrogénkoncentráció, A magasabb rendű növényekben jól ismert jelenség a nitrogén és cink felvételének antagonizmusa (KABATA-PENDIAS, 2011), mely az energiafűz vesszőiben is igazolódott, illetve korábban a fűzlevelekben is megfigyeltük (SIMON et al., 2012; SIMON et al., 2013; SIMON et al., 2016),

2. táblázat: Nitrogén-fejtrágyák-és talajadalekok hatása az energiafűz (Salix-triandra x Salix-viminalis, cv. Inger) makro-és mikroelem-tartalmára (Nyíregyháza szabadföldi kísérlet, kezelések időpontját ld. az 1. táblázatban, fűzvesző mintavétel: 2016. február 3.)<sup>+</sup>

Kezelések <sup>α</sup>	mg/g <sup>α</sup>				μg/g <sup>α</sup>				μg/g <sup>α</sup>						
	N <sup>α</sup>	P <sup>α</sup>	K <sup>α</sup>	Ca <sup>α</sup>	Mg <sup>α</sup>	S <sup>α</sup>	B <sup>α</sup>	Cu <sup>α</sup>	Fe <sup>α</sup>	Mn <sup>α</sup>	Zn <sup>α</sup>	As <sup>α</sup>	Ba <sup>α</sup>	Cd <sup>α</sup>	Pb <sup>α</sup>
Kontroll <sup>α</sup>	0,379 <sup>ac</sup>	950 <sup>abc</sup>	1926 <sup>ab</sup>	3866 <sup>ac</sup>	978 <sup>ac</sup>	360 <sup>abc</sup>	9,12 <sup>abc</sup>	3,72 <sup>bc</sup>	7,93 <sup>abc</sup>	7,36 <sup>ac</sup>	95,6 <sup>abc</sup>	<kha <sup>c</sup>	4,77 <sup>ac</sup>	1,72 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
Ammónium-nitrát (AN) <sup>α</sup>	0,468 <sup>ac</sup>	853 <sup>abc</sup>	1771 <sup>ac</sup>	3617 <sup>ac</sup>	820 <sup>ac</sup>	399 <sup>ac</sup>	9,19 <sup>abc</sup>	1,94 <sup>ac</sup>	6,13 <sup>abc</sup>	6,81 <sup>ac</sup>	64,2 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>	5,62 <sup>ac</sup>	1,07 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
Karbamid (KARB) <sup>α</sup>	0,395 <sup>ac</sup>	842 <sup>abc</sup>	1722 <sup>ac</sup>	3405 <sup>ac</sup>	827 <sup>ac</sup>	372 <sup>ac</sup>	9,07 <sup>abc</sup>	2,56 <sup>abc</sup>	5,27 <sup>abc</sup>	8,65 <sup>ac</sup>	63,4 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>	4,94 <sup>ac</sup>	1,00 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
Települési biokomposzt (TBK) <sup>α</sup>	0,359 <sup>ac</sup>	790 <sup>ac</sup>	1723 <sup>ac</sup>	3372 <sup>ac</sup>	826 <sup>ac</sup>	344 <sup>ac</sup>	8,35 <sup>abc</sup>	2,73 <sup>abc</sup>	6,09 <sup>abc</sup>	7,53 <sup>ac</sup>	75,1 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>	4,73 <sup>ac</sup>	1,22 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
Települési szennyvíziszap komposzt (TSZK) <sup>α</sup>	0,362 <sup>ac</sup>	880 <sup>abc</sup>	1907 <sup>ac</sup>	3669 <sup>ac</sup>	824 <sup>ac</sup>	367 <sup>ac</sup>	8,72 <sup>abc</sup>	2,55 <sup>abc</sup>	4,56 <sup>abc</sup>	6,17 <sup>ac</sup>	79,2 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>	4,36 <sup>ac</sup>	1,29 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
Rioliftufa (RT) <sup>α</sup>	0,389 <sup>ac</sup>	865 <sup>abc</sup>	1856 <sup>abc</sup>	3709 <sup>ac</sup>	841 <sup>ac</sup>	339 <sup>ac</sup>	7,90 <sup>ac</sup>	3,09 <sup>abc</sup>	6,51 <sup>abc</sup>	5,91 <sup>ac</sup>	80,0 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>	4,40 <sup>ac</sup>	1,60 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
Fűzhamu (FH) <sup>α</sup>	0,372 <sup>ac</sup>	901 <sup>abc</sup>	2045 <sup>ac</sup>	4066 <sup>ac</sup>	962 <sup>ac</sup>	373 <sup>ac</sup>	9,68 <sup>abc</sup>	4,24 <sup>abc</sup>	8,14 <sup>ac</sup>	97,4 <sup>abc</sup>	97,4 <sup>abc</sup>	<kha <sup>c</sup>	5,77 <sup>ac</sup>	1,79 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
TBK+KARB <sup>α</sup>	0,379 <sup>ac</sup>	906 <sup>abc</sup>	1907 <sup>ac</sup>	3602 <sup>ac</sup>	914 <sup>ac</sup>	376 <sup>ac</sup>	9,45 <sup>abc</sup>	2,51 <sup>abc</sup>	5,51 <sup>abc</sup>	6,77 <sup>ac</sup>	85,3 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>	5,83 <sup>ac</sup>	1,42 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
TSZK+FH <sup>α</sup>	0,378 <sup>ac</sup>	1020 <sup>bc</sup>	2043 <sup>ac</sup>	4132 <sup>ac</sup>	932 <sup>ac</sup>	372 <sup>ac</sup>	10,44 <sup>bc</sup>	3,80 <sup>bc</sup>	7,48 <sup>abc</sup>	7,71 <sup>ac</sup>	130,0 <sup>bc</sup>	<kha <sup>c</sup>	5,73 <sup>ac</sup>	1,51 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
FH+KARB <sup>α</sup>	0,382 <sup>ac</sup>	698 <sup>ac</sup>	1790 <sup>ac</sup>	3361 <sup>ac</sup>	865 <sup>ac</sup>	367 <sup>ac</sup>	9,86 <sup>abc</sup>	2,97 <sup>abc</sup>	5,14 <sup>abc</sup>	9,15 <sup>abc</sup>	98,2 <sup>abc</sup>	<kha <sup>c</sup>	5,89 <sup>ac</sup>	1,58 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>
RT+KARB <sup>α</sup>	0,374 <sup>ac</sup>	793 <sup>ac</sup>	1629 <sup>ac</sup>	3336 <sup>ac</sup>	799 <sup>ac</sup>	350 <sup>ac</sup>	8,48 <sup>abc</sup>	3,15 <sup>abc</sup>	11,68 <sup>bc</sup>	7,57 <sup>ac</sup>	78,1 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>	4,71 <sup>ac</sup>	1,51 <sup>ac</sup>	<kha <sup>c</sup>

A<sup>+</sup> mérési adatok: 4. ismétlés; átlagai: Variancia-analízis: Tukey-féle b-teszt; A<sup>+</sup> különböző: betűindexet; kapott értékek: (az adott oszlopban) szignifikánsan (P<0,05) különbözőnek egymástól, <kha= kimutatási határ alatti érték (As: 0,4 μg/g; Pb: 0,3 μg/g)..... Szakértés (új oldal).....

## Tartamhatások az energetikai célra termesztett fűzfel (Salix sp.) beállított szabadföldi kísérletben

---

Amennyiben kiszámoljuk a fűzveszők egy hektárra vetített abszolút mikroelem-felvételét (megszorozzuk az egy évre vetített száraz vészőhozamot (kg sz.a./ha) a vészőkben mért fajlagos mikroelem-koncentrációkkal (mg/kg sz.a.) pl, a cink esetén, akkor az alábbi eredményeket kapjuk; *kontroll*: 379,738 g (8190 kg/ha/év x 48,5% átlagos szárazanyag = 3972,15 kg sz.a./ha/év vészőhozam x 95,6 mg/kg sz.a, Zn = 379738,54 mg Zn); AN: 397,619 g; KARB: 389,589 g; TBK: 454,565 g; TSZK: 503,965 g; RT: 383,732 g; FH: 422,789 g; TBK+KARB: 500,997 g; TSZK+FH: 448,916 g; FH+KARB: 464,363 g; RT+KARB: 416,663 g, Ha a kontroll kultúra cinkfelvételét 100%-nak vesszük, a többi kultúrában a cinkfelvétel az alábbi módon alakult: AN: 104,7%; KARB: 102,6%; TBK: 119,7%; TSZK: 132,7%; RT: 101,1%; FH: 111,3%; TBK+KARB: 131,9%; TSZK+FH: 118,2%, FH+KARB: 122,34%; RT+KARB: 109,7%, E relatív százalékokat értékelve teljesen más megvilágításba kerül a talajkezelések hatása, mint a vészőkben mért cinkkoncentrációk esetén, az abszolút cinkfelvételt minden kezelés kisebb vagy nagyobb mértékben megnövelte a kontrollhoz képest, Legmarkánsabb ez irányú hatása a települési szennyvíziszap komposztjának, illetve a települési biokomposzt és a karbamid együttes kijuttatásának volt,

A mérési adatok 4 ismétlés átlagai, Variancia-analízis: Tukey-féle b-teszt, A különböző betűindexet kapott értékek (az adott oszlopban) szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) különböznek egymástól,  $<kha$ = kimutatási határ alatti érték (As: 0,4  $\mu\text{g/g}$ ; Pb: 0,3  $\mu\text{g/g}$ ). Előnyös, hogy a talajkezelések nem gyakoroltak számottevő hatást a fűzveszők toxikus elem (As, Ba, Cd, Pb) -akkumulációjára (2, táblázat), annak ellenére, hogy a kísérleti parcellák talaja az átlagosnál több arzént (38,3 mg/kg cc,  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$  kivonatban) tartalmaz, és ezek a toxikus elemek jelen voltak a kijuttatott fűzhamuban, vagy a települési szennyvíziszap komposztban, Hasonló jelenséget figyeltünk meg a fűzlevelekben is (SIMON et al., 2012; SIMON et al., 2013; SIMON et al., 2016),

### Következtetések

A talajba évente kijuttatott nitrogéntartalmú fejtárgyak mellett elsősorban a tápelemekben gazdag szerves adalékanyagok (biokomposzt, szennyvíziszap komposzt) növelték meg szignifikánsan a betakarított fűzveszők tömegét, Mindkét nitrogén fejtárgya a kontrollnál nagyobb nitrogénfelvételt eredményezett a betakarított fűzveszőkben, Kérdés, hogy mindez visszahat-e a faanyag biomassza erőművekben történő elégetése során a keletkező füstgázok  $\text{NO}_x$  koncentrációjára? Eredményeink alapján feltételezhetjük, hogy a talajba kijuttatott anyagokból nem kerülnek át számottevő mértékben toxikus elemek a biomassza erőművekben elégetésre kerülő faanyagba, így a keletkező fahamu a talajba korlátozás nélkül visszajuttatható, További vizsgálataink e kérdések, illetve feltételezések megválaszolására irányulnak majd,

### Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat a Nitrogénművek Vegyipari Zrt, (Pétfürdő) támogatta, Külön köszönettel tartozunk Erdélyi Ferencnek és Koncz Józsefnek a minták gondos előkészítéséért, illetve analíziséért,

### Irodalomjegyzék

BAKTI B., KENDE Z., BALLA Z., & GYURICZA Cs, (2014): Fertilizer management in short rotation coppice, Növénytermelés Suppl, 63, évf, p,15-18,

- BLASKÓ L, (2008): Energianövények termesztése, termőhelyi alkalmasság, felhasználhatóság, In: Megújuló Mezőgazdaság, Tanulmányok a zöldenergia termeléséről és hasznosításáról gondolkodóknak, (Szerk.: CHLEPKÓ T.), Magyar Katolikus Rádió, Budapest, pp, 167-207,
- DIMITRIOU, I.; ERIKSSON, J.; ADLER, A.; ARONSSON, P, & VERWIJST, T, (2006): Fate of heavy metals after application of sewage sludge and wood-ash mixtures to short-rotation willow coppice, *Environmental Pollution* 142, évf, p, 160-169,
- GYURICZA, CS, (2011): Fás szárú energianövények termesztése (5.), Növénytaplálás energiaültetvényekben, *Agrofórum* 2011, március, p, 92-96,
- GYURICZA, CS., L, NAGY, A, UJJ, P, MIKÓ & L, ALEXA (2008): The impact of composts on the heavy metal content of the soil and plants in energy willow plantations (*Salix* sp.), *Cereal Research Communications* 36 évf, p, 279-282,
- HASSELGREN, K, (1998): Use of municipal waste products in energy forestry: highlights from 15 years of experience, *Biomass and Bioenergy* 15, évf, p,71-74,
- KABATA-PENDIAS, A, (2011): Trace Elements in Soils and Plants, 4th ed, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp,131-143,
- PARK, B,B., YANAI, R,D., SAHM, J,M., LEE D,K, & ABRAHAMSON, L,P, (2005): Wood ash effects on plant and soil in a willow bioenergy plantation, *Biomass and Bioenergy* 28, évf, p, 355-365,
- SIMON, L., SZABÓ, B., VINCZE, GY., VARGA, CS., SZABÓ, M, & KONCZ, J, (2012): Ammónium-nitrát műtrágya és talajadalékok hatása az energiafűz (*Salix viminalis* L.) elemfelvételére, In: LEHOCZKY, É, (szerk.) I, Talajtani, Vizgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap, „Talaj-víz-növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben”, Debrecen, 2012, november 23, Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest, Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő, pp, 127-130,
- SIMON, L., B, SZABÓ, M, SZABÓ, GY, VINCZE, CS, VARGA, ZS, URI & J, KONCZ, (2013): Effect of various soil amendments on the mineral nutrition of *Salix viminalis* and *Arundo donax* energy crops, *European Chemical Bulletin* 2 évf, (1) p, 18-21,
- SIMON L., SZABÓ M., VINCZE Gy., URI Zs., IRINYINÉ OLÁH K., MAKÁDI M, & VÍGH Sz, (2015a): Energianövények és szántóföldi haszonnövények tápanyag-ellátásának vizsgálata, különös tekintettel a nitrogén-műtrágyák, biohulladékok és talajadalékok együttes hatásának tanulmányozására, Kutatási zárójelentés, Készült a Nitrogénművek Vegyipari Zrt, (Pétfürdő) számára a Nyír-Inno-Spin Kft, (Nyíregyháza) megbízásából, Nyíregyházi Főiskola, pp, 1-123, (kézirat),
- SIMON, L., VINCZE, GY., MAKÁDI, M., URI, ZS., VÍGH, SZ., ARANYOS, T., KONCZ, J, & SZABÓ, B, (2015b): Riolitufa és ammónium-nitrát hatása az energiafűzre, In: HERNÁDI H., SISÁK I., SZABÓNÉ KELE G, (szerk.): A talajok térbeli változatossága – elméleti és gyakorlati vonatkozások, Talajtani Vándorgyűlés Keszthely, 2014, szeptember, Talajvédelmi Alapítvány, Budapest – Magyar Talajtani Társaság, Gödöllő, Talajvédelem, p, 317-326,
- SIMON, L., VINCZE GY., URI ZS., IRINYINÉ OLÁH, K., VÍGH, SZ., MAKÁDI, M., ARANYOS, T, & ZSOMBIK, L, (2016): Energiafűzzel (*Salix* sp.) beállított tápanyag-utánpótlási szabadföldi tartamkísérlet első 5 évének tapasztalatai, *Növénytermelés* 65 évf, (2) p, 59-76,
- SMART, B,L., CAMERON, K,D, (2012): Shrub willow, In: KOLE, Ch., JOSHI, Ch, P, & SHONNARD, D,R, (eds.): Handbook of Bioenergy Crop Plants, CRC Press, Boca Raton, London, New York, pp, 687-708,

## **Tartamhatások az energetikai célra termesztett fűzrel (*Salix sp.*) beállított szabadföldi kísérletben**

---

URI ZS., SIMON L., VINCZE GY, SZABÓ B., IRINYINÉ OLÁH K., VÍGH SZ., SZABÓ M, & KONCZ J, (2015), Szennyvíziszap komposzt és fűzhamu hatása az energiafűzre, In: Hernádi H., Sisák I., Szabóné Kele G, (szerk.): A talajok térbeli változatossága – elméleti és gyakorlati vonatkozások, Talajtani Vándorgyűlés Keszthely, 2014, szeptember, Talajvédelmi Alapítvány, Budapest – Magyar Talajtani Társaság, Gödöllő, pp, 373 – 379,

45/2007, (VI, 11.) FVM RENDELET a fás szárú energetikai ültetvények telepítésének engedélyezése, telepítése, művelése és megszüntetése részletes szabályairól, valamint ezen eljárások igazgatási szolgáltatási díjáról



## Őszi búza elemfelvételének vizsgálata a korszerű növénytáplálás függvényében

*Uri Zsuzsanna, Simon László, Vincze György, Vigh Szabolcs, Irinyiné Oláh Katalin*

*Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/b.,  
E-mail: uri,zsuzsanna@nye.hu*

### Összefoglalás

2014-2015-ben beállított szabadföldi tápanyag-utánpótlási kísérletben (Nyíregyházi Főiskola Ferenczanyai Tangazdasága, Nyírtelek) tanulmányoztuk, hogy a Nitrosol műtrágya (130, 165 kg N hatóanyag/ha) önmagában, vagy Dudarit és/vagy Alginít talajkondicionáló adalékanyagok (10-10 l/ha) kombinációjával a nem karbonátos humuszos homoktalajba kijuttatva, miként hat az őszi búza (GK Szala) termésmennyiségére és tápelem-felvételére. Megállapítottuk, hogy a kontrollhoz viszonyítva valamennyi kezelés 6-43 százalékkal nagyobb termés hozamot eredményezett. A Nitrosol Dudarittal vagy Alginittel történt kombinációjával a legtöbb vizsgált elem (N, P, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn) esetében a kontrollnál nagyobb tápelem-felvételt értünk el a teljes éréskor betakarított búzaszemekben,

### Summary

An open-field large plot fertilization experiment was set up during 2014-2015 at Ferenczanya Educational Farm (near Nyírtelek) of the College of Nyíregyháza (Hungary), Nitrosol liquid fertilizer (130, 165 kg N/ha) by itself or with combination of Dudarit and/or Alginit soil conditioning additives (10-10 l/ha) was applied to the non-carbonated humous sandy soil. Yield quantity and macro- and micronutrient uptake was studied in winter wheat (cv, GK Szala). It was found that all treatments enhanced the yield of wheat by 6-43 %, as compared to untreated control. Nitrosol, in combination with Dudarit or Alginit, resulted in higher concentrations of N, P, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Zn in fully ripened and harvested grains, as compared to control cultures,

### Bevezetés

Az őszi búza Magyarország legjelentősebb gazdasági növénye. Az utóbbi években hazánkban 1,1-1,2 millió hektáron termesztettek őszi búzát 4,5-5,5 t/ha-os termésátlaggal. Az őszi búza termesztéstechnológiai elemei közül a tápanyagellátásnak döntő szerepe van, hiszen a búza tápanyagigényes és a trágyázást kifejezetten megháláló növény. Mind a tápanyaghiányt, mind a tápanyagtöbbletet – elsősorban a nitrogén esetében – jól jelzi, azaz kiváló tápanyag-indikátor növény is. Fajlagos tápanyag-igénye 1 t szemtermésre és a hozzá tartozó szár- és gyökértömegekre vetítve 27 kg N, 11 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és 18 kg K<sub>2</sub>O, 6 kg CaO, 2 kg MgO és 6 kg S (BOCZ, 1992; PÉPÓ & SÁRVÁRI, 2011),

Az őszi búza tápanyagigényének kielégítése elsősorban műtrágyákkal történik. Rendkívül fontos a búza esetében a harmonikus tápanyag-visszapótlás, a N mellett a P és K, esetenként a mezo- és mikroelemek pótlása. Az egyes tápelemek hiánya eltérő mértékű termés-csökkenést idézhet elő a búzatermesztésben. A hiányos makroelem-ellátás 10-60%-kal, a nem megfelelő mezoelem- és mikroelem-ellátás pedig 5-15%-kal, illetve 2-10%-kal csökkentheti a búza termését, de egyúttal rontja a termésminőséget is. A foszfornek – főképp közepes vagy annál gyengébb ellátottságú talajokon – közvetlen termésmenővelő hatása mellett, jelentős hatása van

a szemek telítődésére és a termés minőségére is, A kálium leginkább a termés minőségére van pozitív hatással, A foszfor és kálium műtrágyák teljes mennyiségét őszzel, alaptrágyaként juttatjuk ki, A magyarországi éghajlati viszonyok között a nitrogén szerepe kiemelt a hozam maximalizálásában és a megfelelő minőség kialakulásában, Ősszel csak minimális mennyiségű nitrogén kijuttatása javasolt vagy akár el is hagyható, A nitrogénműtrágya tavaszi – több adagban történő – kijuttatásával növelhetjük a kalászek számát és az ezerszemtömeget, A búza tápanyag-ellátási rendszere komplex, magába foglalja a műtrágyázáson kívül a talaj tápanyagtökéjével történő gazdálkodást, a szerves trágyázást, a melléktermékek hasznosítását, a különböző talajjavító anyagok használatát, és egyéb tényezőket is (LOCH & NOSTICZIUS, 2004; FÜLEKY, 2004; PEPÓ & SÁRVÁRI, 2011),

A megfelelő mennyiségű és az egyre szigorúbb elvárásokat támasztó piac igényeinek megfelelő minőségű búzát csak átgondolt és megalapozott tápanyag-visszapótlási stratégia segítségével lehet biztonságosan megtermelni, Az új szemléletű, korszerű trágyázási szaktanácsadási rendszer, a ProPlanta Program a korábbi MÉM NAK rendszerhez hasonlóan mérleg elven alapul, Négy választható intenzitású szintje közül a „Minimum” és a „Környezetkímélő” változatok célja a maximális gazdaságos termésszintek biztosítása, a talaj közepes P- és K-ellátottságának elérése, illetve fenntartása, A „Mérlegszemléletű” és a „Maximum” változatok mérsékelten intenzív műtrágyázással a maximális terméseket célozzák meg (BALLA et al., 2010),

Vizsgálataink célja az volt, hogy megállapítsuk, a Nitrosol folyékony nitrogénműtrágya (karbamid és ammónium-nitrát vizes oldata), illetve a Nitrosollal együtt kijuttatott talajkondicionáló adalékanyagok (Alginit és Dudarit) milyen hatást gyakorolnak az őszi búza leveleinek és szemtermésének makro- és mikroelem-felvételére,

### Anyag és módszer

Szabadföldi tápanyag-utánpótlási kísérletet állítottunk be 2014-ben a Nyíregyházi Főiskola Ferenctanyai Tangazdaságában (Nyírtelek, helyrajzi szám 0205, tábla MEPAR kód: T388L-5-11) nem karbonátos humuszos homoktalajon őszi búzával (*Triticum aestivum* L.), A kísérletben alkalmazott fajta a GK Szala volt, mely középerésű, szálkás kalászu őszi búza, Bokrosodó képessége közepes, Állóképessége kiemelkedő, Fagytűrése és télállósága rendkívül jó, Intenzív körülmények között rekordtermésekre képes, évszázadtól függően 6,5-9,0 t/ha a betakarítható termés mennyisége, Stabil malmi minőségű, mutatói közel állnak a javító kategória értékeihez, Ezerszemtömege 42-46g, Műtrágya-reakciója jó, Betegség-ellenállósága átlagos, A fajta szaporítását és forgalmazását a Gabonakutató Kereskedelmi Osztály (Szeged) koordinálja, (<http://www.gk-szeged.hu/vetomag/kalaszosok/oszi-buza/kozeperesu/gk-szala>), A kezeléseket 12x120 méteres parcellákon végeztük el, A kísérletbe vont talaj homokos vályog fizikai féleségű, a vizes szuszpenzióban mért pH-ja alapján savanyú kémhatású (5,7 pH-jú), összes sótartalma jelentéktelen (<0,02 m/m%), meszet nyomokban sem tartalmaz, humusztartalma kissé meghaladja a 2 %-ot (SIMON et al., 2016),

Az őszi búza előveteménye napraforgó volt, melynek szármadarványát tárcsával végzett tarlóhántás során dolgoztuk a talajba 2014 októberében, Talajvizsgálati eredmények alapján a kísérleti terület talaja káliumból jól ellátott volt, de foszforból pótlásra szorult, A kijuttatandó mennyiséget a ProPlanta Maximum modell segítségével határoztuk meg 6 t/ha termésátlagra számolva, A talaj foszfortartalmának növelése céljából őszzel, alaptrágyaként a Nitrogénművek Vegyipari Zrt, által előállított NP (15:25) tartalmú műtrágyát juttatunk ki 75 kg/ha foszfor hatóanyag mennyiségben a kísérlet teljes területére, tehát a kontroll és a kezelt parcellákra egyaránt,



A tápanyag-utánpótlási kísérletben fejtrágyaként Nitrosol nitrogénműtrágya, valamint Alginit és Dudarit talajkondicionáló adalékanyagok kerültek kijuttatásra, A Nitrosol (30% N) folyékony nitrogénműtrágya, karbamid (30%) és ammónium-nitrát (40%) vizes oldata, Gabonatermesztésben és az öntözéses növénytermesztésben kiválóan alkalmazható fej-, levél- és öntözőtrágya, Előnye, hogy gyorsan (nitrát-nitrogén) és lassabban ható (ammónium- és amid-nitrogén) komponenseket is tartalmaz (<http://www.genezispartner.hu/termekek-es-szolgaltatasok/mutragyak/nitrogen-mutragyak/genezis-nitrosol/>), Az alginit fosszilis alga biomasszából és elmállott tufából álló kőzet, mely magas humusz-, mész-, agyag-, nitrogén-, kálium- és magnézium-tartalommal rendelkezik, A homokos, laza talajok szerkezetét kedvezően megváltoztathatja, jó hatással van a talaj vízmegtartó képességére, megakadályozza a növények számára szükséges, fontos tápanyagok kimosódását, elősegítve ezáltal azok folyamatos tápanyagellátását, Megfelelő mennyiségben és arányban felhasználva jelentősen növelheti a termés mennyiségét és minőségét (<http://alginit.hu/index.php/hu/>), A dudarit növényi anyagok természetes humifikációja során keletkezett szerves ásvány, magas huminsav-tartalommal (60 m/m%), Hosszútávon fenntartja a talajok termőképességét, megakadályozza a talajok elsavanyodását, valamint a talajvizek káros anyaggal történő elszennyeződését (<http://www.duszen.hu/hu/termekek/dudarit/>), A Nitrosol és az adalékok fejtrágyaként, megosztva, két alkalommal történt, a bokrosodás kezdetén, 2015, március 17-én és 18-án (a kijuttatott össz mennyiség 66 %-a) és a szárbaindulás kezdetén, 2015, április 29-én és 30-án (34 %), A Nitrosol esetében 130, illetve 165 kg/ha hatóanyag kijuttatására került sor, míg az Alginit és Dudarit esetében 10-10 l/ha dózist alkalmaztunk, A Nitrosolt önmagában vagy az adalékokkal kombináltan juttattuk ki, A kontroll parcellák nem részesültek kezelésben,

A zászlóslevelek mintázására 2015, június 3-án, a virágzás vége, kalászerés kezdete fenofázisban került sor, A kalászok megmintázását 2015, július 8-án, teljes érésben végeztük a talajmintavétellel egy időben (SIMON et al., 2016), A növény- és talajminták makroelem- (N, P, K, Ca, Mg, S) és mikroelem- (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn) tartalmát a Geoderma Bt, budapesti akkreditált laboratóriumában határoztuk meg, A nitrogéntartalom meghatározás Kjeldahl-módszerrel (Vapodeszt 10 készülékkel), a többi elem analízise induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometria (ICP-OES) technika (Ultima 2 Horiba Jobin-Yvon készülék) alkalmazásával történt a minták cc, HNO<sub>3</sub>-cc, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eleggyel történt feltárása után, A légszáraz talajminták legfontosabb kémiai és fizikai tulajdonságait – a vonatkozó szabványok előírásait követve – szintén a Geoderma Bt, laboratóriumában vizsgáltuk meg, A vizsgálatok kiterjedtek a víz- és kálium-klorid oldható pH, a sótartalom, a humusztartalom, illetve a mérsz tartalom mérésére, továbbá meghatároztuk a talajminták „felvehető” tápanyag-tartalmát (NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, AL-K<sub>2</sub>O és -P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, KCl-Mg és -SO<sub>4</sub>-S, EDTA-Cu, -Fe, -Mn és -Zn) is,

A betakarítás 2015, július 15-én történt NEW Holland CR 8070 kombájnnal, Először a parcellák közötti puffer területeket arattuk le, ezt követően a kontrollt és a kezelt parcellákat külön-külön menetben vágtuk le, majd a betakarított mennyiséget mérlegben álló kéttengelyes pótkocsira ürítettük, A mért értékekből a parcellák területe alapján termésátlagot számoltunk, A termés nedvességtartalma valamennyi parcella esetében azonos, 12,5% volt,

A kísérleti eredmények statisztikai elemzését SPSS programmal, varianciaanalízist alkalmazva, a Tukey-féle b-teszt alapján végeztük el,

## Eredmények és értékelésük

### Az őszi búza zászlósleveleinek elemfelvétele

A 1. táblázatban mutatjuk be a talajba kijuttatott nitrogén-műtrágya és az adalékanyagok őszi búza zászlósleveleinek makro- és mikroelem-felvételre gyakorolt hatását. Megállapítottuk, hogy az alkalmazott kezelések statisztikailag igazolható szignifikáns változást nem eredményeztek a fajlagos nitrogén-, foszfor- és káliumfelvételben, a kalászás kezdetéig a fenofázisban megmintázott zászlóslevelekben. A kalciumkoncentráció a Nitrosollal (130 kg/ha N hatóanyag) és a Nitrosol+Dudarittal kezelt kultúrákban statisztikailag szignifikáns mértékben haladta meg a kontrollban mért értékeket. A zászlóslevelek magnézium- és kén-tartalmában nem tapasztaltunk szignifikáns eltéréseket. Valamennyi kezelés megemelte kisebb-nagyobb mértékben a kontrollhoz viszonyítva a zászlóslevelek cinkfelvételét, a Nitrosol+Alginit kijuttatás esetén ez a hatás statisztikailag is szignifikáns volt. A bór-, réz-, vas-, mangán- és molibdénfelvételben nem tapasztaltunk számottevő változást.

**1. táblázat, A talajba kijuttatott nitrogén-műtrágya és adalékanyagok hatása az őszi búza zászlósleveleinek elemfelvételére**  
(szabadföldi kísérlet, Nyírtelek-Ferenctanya, 2015)

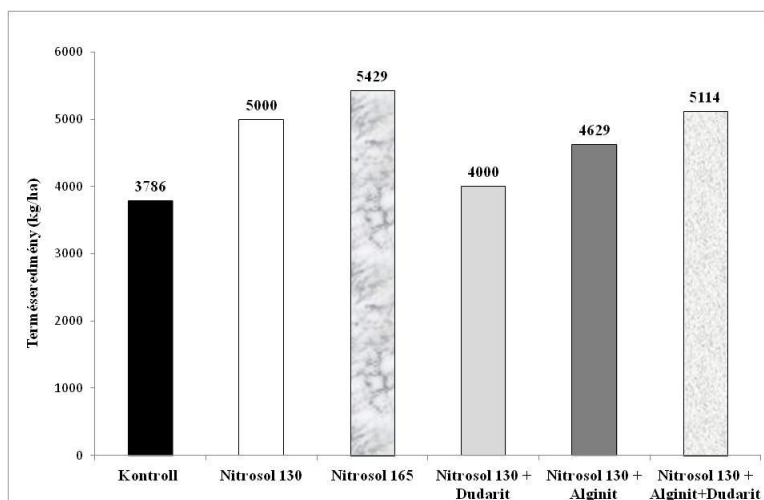
Elemek		Kezelések					
		Kontroll	Nitrosol 130	Nitrosol 165	Nitrosol 130 +Dudarit	Nitrosol 130 +Alginit	Nitrosol 130 +Alginit +Dudarit
N	m/m%	4,40 <sup>a</sup>	4,82 <sup>a</sup>	4,70 <sup>a</sup>	4,80 <sup>a</sup>	4,57 <sup>a</sup>	4,50 <sup>a</sup>
P	mg/kg	2538 <sup>a</sup>	2605 <sup>a</sup>	2598 <sup>a</sup>	2666 <sup>a</sup>	2809 <sup>a</sup>	2706 <sup>a</sup>
K		21267 <sup>a</sup>	20420 <sup>a</sup>	21511 <sup>a</sup>	21569 <sup>a</sup>	21615 <sup>a</sup>	21540 <sup>a</sup>
Ca		6305 <sup>a</sup>	8090 <sup>c</sup>	7228 <sup>abc</sup>	7622 <sup>bc</sup>	6744 <sup>ab</sup>	6808 <sup>ab</sup>
Mg		1649 <sup>a</sup>	2070 <sup>a</sup>	1719 <sup>a</sup>	2058 <sup>a</sup>	1815 <sup>a</sup>	1967 <sup>a</sup>
S		4133 <sup>a</sup>	4846 <sup>a</sup>	4839 <sup>a</sup>	4867 <sup>a</sup>	4905 <sup>a</sup>	4767 <sup>a</sup>
B		9,59 <sup>a</sup>	8,35 <sup>a</sup>	8,40 <sup>a</sup>	10,19 <sup>a</sup>	10,79 <sup>a</sup>	9,75 <sup>a</sup>
Cu	μg/g	5,29 <sup>a</sup>	4,67 <sup>a</sup>	5,18 <sup>a</sup>	4,78 <sup>a</sup>	5,40 <sup>a</sup>	4,41 <sup>a</sup>
Fe		110 <sup>a</sup>	116 <sup>a</sup>	116 <sup>a</sup>	112 <sup>a</sup>	118 <sup>a</sup>	120 <sup>a</sup>
Mn		237 <sup>ab</sup>	237 <sup>ab</sup>	225 <sup>ab</sup>	231 <sup>ab</sup>	288 <sup>b</sup>	254 <sup>ab</sup>
Mo		0,132 <sup>a</sup>	0,137 <sup>a</sup>	0,103 <sup>a</sup>	0,086 <sup>a</sup>	0,097 <sup>a</sup>	0,141 <sup>a</sup>
Zn		25,1 <sup>a</sup>	28,8 <sup>ab</sup>	27,8 <sup>ab</sup>	27,1 <sup>ab</sup>	35,1 <sup>b</sup>	27,5 <sup>ab</sup>

Variancia-analízis, Tukey-féle b-teszt, Az azonos sorokban található, különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) különböznek egymástól,

### Az őszi búza terméseredménye és szemtermésének elemfelvétele

A Nitrosol és az adalékanyagok terméseredményre gyakorolt hatását (1. ábra) vizsgálva megállapítható, hogy a kontrollhoz viszonyítva valamennyi kezeléssel nagyobb szemhozamot értünk el. A kezeléseket összevetve a legnagyobb terméshezamot az önmagában kijuttatott Nitrosol nagyobb dóziséknél (165 kg/ha) mértük, mely a kontrollhoz képest 30 %-kal magasabb termést eredményezett,

## Őszi búza elemfelvételének vizsgálata a korszerű növénytáplálás függvényében



1, ábra, A talajba kijuttatott nitrogén-műtrágya és adalékanyagok hatása az őszi búza terméseredményére (szabadföldi kísérlet, Nyírtelek-Ferencványa, 2015)

2, táblázat, A talajba kijuttatott nitrogén-műtrágya és adalékanyagok hatása az őszi búza szemtermésének elemfelvételére (szabadföldi kísérlet, Nyírtelek-Ferencványa, 2015)

Elemek		Kezelések					
		Kontroll	Nitrosol 130	Nitrosol 165	Nitrosol 130 + Dudarit	Nitrosol 130 + Alginit	Nitrosol 130 + Alginit + Dudarit
N	m/m%	2,59 <sup>a</sup>	3,02 <sup>bcd</sup>	3,12 <sup>cd</sup>	3,35 <sup>d</sup>	2,88 <sup>abc</sup>	2,71 <sup>ab</sup>
P	mg/kg	3547 <sup>ab</sup>	3254 <sup>a</sup>	3201 <sup>a</sup>	3739 <sup>b</sup>	3568 <sup>ab</sup>	3300 <sup>ab</sup>
K		4647 <sup>a</sup>	4344 <sup>a</sup>	4346 <sup>a</sup>	4622 <sup>a</sup>	4770 <sup>a</sup>	4459 <sup>a</sup>
Ca		563 <sup>a</sup>	653 <sup>b</sup>	611 <sup>ab</sup>	658 <sup>b</sup>	617 <sup>ab</sup>	543 <sup>a</sup>
Mg		1340 <sup>a</sup>	1394 <sup>a</sup>	1306 <sup>a</sup>	1376 <sup>a</sup>	1418 <sup>a</sup>	1277 <sup>a</sup>
S		1770 <sup>a</sup>	1981 <sup>bc</sup>	1979 <sup>bc</sup>	2098 <sup>c</sup>	1985 <sup>bc</sup>	1822 <sup>ab</sup>
B		1,03 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,10 <sup>a</sup>	1,27 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,31 <sup>a</sup>
Cu	μg/g	3,90 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>	4,00 <sup>a</sup>	4,01 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	3,59 <sup>a</sup>
Fe		51,5 <sup>a</sup>	55,8 <sup>a</sup>	55,8 <sup>a</sup>	55,4 <sup>a</sup>	53,7 <sup>a</sup>	48,5 <sup>a</sup>
Mn		85,2 <sup>a</sup>	84,6 <sup>a</sup>	77,9 <sup>a</sup>	79,5 <sup>a</sup>	90,0 <sup>a</sup>	82,5 <sup>a</sup>
Mo		0,050 <sup>bc</sup>	0,023 <sup>ab</sup>	0,020 <sup>a</sup>	0,026 <sup>ab</sup>	0,036 <sup>abc</sup>	0,054 <sup>a</sup>
Zn		30,3 <sup>a</sup>	33,1 <sup>abc</sup>	32,5 <sup>ab</sup>	35,9 <sup>bc</sup>	36,4 <sup>bc</sup>	30,2 <sup>a</sup>

Variancia-analízis, Tukey-féle b-teszt, Az azonos sorokban található, különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) különböznek egymástól,

A 2, táblázatban szemléltetjük az őszi búza szemtermésének elemösszetételét, A teljes érésben megmintázott őszi búza szemtermésének elemtartalmát illetően megállapítható, hogy a legnagyobb nitrogén- és foszforkoncentráció a Nitrosol+Dudarittal kezelt kultúrákban alakult ki, A betakarított búzaszemek kálium- és magnézium-koncentrációira a kezelések nem

gyakoroltak szignifikáns hatást, A 130 kg/ha Nitrosol és a Nitrosol+Dudarit kijuttatás statisztikailag szignifikánsan emelte meg a búzaszemek kalciumkoncentrációját, A Nitrosol+Dudarit+Alginit kezelés kivételével valamennyi kezelés szignifikánsan megnövelte a kontrollhoz képest a búzaszemek kénfelvételét, A bór-, réz-, vas- és mangánfelvételt nem befolyásolták jelentősen a kijuttatott műtrágya, illetve adalékanyagok, A cinkkoncentráció a legnagyobb a Nitrosol 130+Alginit kezelésben részesült kultúrában volt, mely a kontrolltól szignifikánsan különbözött,

### A kísérleti talaj elemösszetétele és felvehető tápanyag-tartalma

A 3, táblázat az őszi búza talajának esszenciális makro- és mikroelem-tartalmát mutatja be, A kalászkok teljes érésében megmintázott kísérleti talaj elemtartalmát vizsgálva, amennyiben a kezeléseket csak egymással és nem a kontrollal hasonlítjuk össze, egyik vizsgált makroelem esetében sem tapasztaltunk statisztikailag szignifikáns eltérést, Mikroelemek tekintetében a legnagyobb cinktartalmat (a kontrollt kivéve) a Nitrosol+Alginit, illetve a Nitrosol+Dudarit+Alginit kezelések esetén mértük a talajban, A talaj réztartalmában nem voltak kiugró értékek, az 18-21 mg/kg között változott,

### 3, táblázat, Az őszi búzával beállított, nitrogén-műtrágya és adalékanyagok hatását vizsgáló kísérlet humuszos homok típusú talajának esszenciális elemtartalma (szabadföldi kísérlet, Nyírtelek-Ferencváros, 2015)

Elemek mg/kg	Kezelések					
	Kontroll	Nitrosol 130	Nitrosol 165	Nitrosol 130 +Dudarit	Nitrosol 130 +Alginit	Nitrosol 130 +Alginit +Dudarit
P	616 <sup>b</sup>	528 <sup>a</sup>	549 <sup>ab</sup>	568 <sup>ab</sup>	586 <sup>ab</sup>	572 <sup>ab</sup>
K	4802 <sup>a</sup>	3977 <sup>a</sup>	3898 <sup>a</sup>	4110 <sup>a</sup>	4479 <sup>a</sup>	4154 <sup>a</sup>
Ca	3746 <sup>a</sup>	3120 <sup>b</sup>	3249 <sup>b</sup>	3143 <sup>b</sup>	3061 <sup>b</sup>	3456 <sup>ab</sup>
Mg	4418 <sup>a</sup>	4163 <sup>a</sup>	4056 <sup>a</sup>	4233 <sup>a</sup>	4301 <sup>a</sup>	4117 <sup>a</sup>
S	220 <sup>b</sup>	186 <sup>a</sup>	201 <sup>a</sup>	200 <sup>a</sup>	191 <sup>a</sup>	192 <sup>a</sup>
B	12,7 <sup>a</sup>	11,2 <sup>a</sup>	10,5 <sup>a</sup>	11,2 <sup>a</sup>	12,1 <sup>a</sup>	11,7 <sup>a</sup>
Cu	21,3 <sup>d</sup>	19,1 <sup>abc</sup>	18,2 <sup>a</sup>	19,8 <sup>c</sup>	19,7 <sup>bc</sup>	18,3 <sup>ab</sup>
Fe	24011 <sup>a</sup>	23179 <sup>a</sup>	22785 <sup>a</sup>	23602 <sup>a</sup>	23408 <sup>a</sup>	23265 <sup>a</sup>
Mn	732 <sup>a</sup>	682 <sup>a</sup>	709 <sup>a</sup>	706 <sup>a</sup>	715 <sup>a</sup>	734 <sup>a</sup>
Mo	0,084 <sup>a</sup>	0,147 <sup>a</sup>	0,100 <sup>a</sup>	0,138 <sup>a</sup>	0,106 <sup>a</sup>	0,070 <sup>a</sup>
Zn	98,6 <sup>a</sup>	65,8 <sup>b</sup>	65,3 <sup>b</sup>	63,0 <sup>b</sup>	95,6 <sup>b</sup>	94,6 <sup>b</sup>

Variancia-analízis, Tukey-féle b-teszt, Az azonos sorokban található, különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) különböznek egymástól,

A 4, táblázatban mutatjuk be az őszi búza talajának „felvehető” tápanyag-tartalmát, A kontrollhoz viszonyítva a Nitrosol+Alginittel és a 130 kg/ha Nitrosollal kezelt kultúrák talajában több mint kétszer annyi ammónium-nitrogént mértünk, de valamennyi kezelés szignifikánsan megemelte ezt az értéket, A talaj nitrát-nitrogén koncentrációját illetően a kontrollhoz képest a Nitrosol+Alginit+Dudarit kivételével a kezelések statisztikailag szignifikáns emelkedést eredményeztek, Megállapítottuk továbbá, hogy a kontrollhoz viszonyítva valamennyi kezelés kisebb-nagyobb mértékben megemelte a talaj „felvehető”

## Őszi búza elemfelvételének vizsgálata a korszerű növénytáplálás függvényében

foszfor-, magnézium- és vastartalmát, a kálium és a réz esetében viszont éppen ellenkezőleg, alacsonyabb koncentrációkat mértünk,

### Következtetések

A gabonatermesztésben a nitrogéntrágyázás megfelelő adagban és időben alkalmazva a termés mennyiségét és minőségét egyaránt kedvezően befolyásolja (Loch és Nosticzius, 2004). Eredményeink alapján megállapítható, hogy a Nitrosol nitrogén-műtrágya önmagában, valamint Dudarit és/vagy Alginit talajkondicionáló adalékanyagok kombinációjával az alkalmazott dózisokban talajba juttatva kedvező hatású volt az őszi búza termésmennyiségére és tápelem-felvételére. A kezeléseket összevetve az Alginit magas K- és Mg-tartalmából adódóan a búzaszemekben is nagyobb K-és Mg-koncentrációkat mértünk a Nitrosol+Alginittel kezelt kultúrákban,

#### 4, táblázat, Az őszi búzával beállított, nitrogén-műtrágya és adalékanyagok hatását vizsgáló kísérlet humuszos homok típusú talajának „felvehető” tápanyag-tartalma (szabadföldi kísérlet, Nyírtelek-Ferenctanya, 2015)

Elemek mg/kg	Kezelések					
	Kontroll	Nitrosol 130	Nitrosol 165	Nitrosol 130 +Dudarit	Nitrosol 130 +Alginit	Nitrosol 130 +Alginit +Dudarit
NH <sub>4</sub> -N	8,39 <sup>a</sup>	18,5 <sup>d</sup>	15,8 <sup>c</sup>	12,9 <sup>b</sup>	20,0 <sup>e</sup>	12,8 <sup>b</sup>
NO <sub>3</sub> -N	3,26 <sup>a</sup>	7,24 <sup>c</sup>	5,60 <sup>b</sup>	6,46 <sup>c</sup>	5,36 <sup>b</sup>	3,76 <sup>a</sup>
AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	60,7 <sup>a</sup>	66,4 <sup>a</sup>	65,6 <sup>a</sup>	66,2 <sup>bc</sup>	77,2 <sup>b</sup>	68,0 <sup>a</sup>
AL-K <sub>2</sub> O	213 <sup>d</sup>	164 <sup>ab</sup>	177 <sup>bc</sup>	187 <sup>c</sup>	186 <sup>c</sup>	155 <sup>a</sup>
KCl-Mg	183 <sup>a</sup>	208 <sup>b</sup>	197 <sup>ab</sup>	206 <sup>b</sup>	188 <sup>a</sup>	204 <sup>b</sup>
KCl-SO <sub>4</sub> -S	3,70 <sup>b</sup>	4,30 <sup>c</sup>	4,37 <sup>c</sup>	2,95 <sup>a</sup>	5,36 <sup>d</sup>	3,31 <sup>ab</sup>
EDTA-Cu	4,67 <sup>d</sup>	4,22 <sup>c</sup>	3,84 <sup>b</sup>	4,35 <sup>c</sup>	4,36 <sup>c</sup>	3,57 <sup>a</sup>
EDTA-Fe	233 <sup>a</sup>	272 <sup>d</sup>	261 <sup>c</sup>	274 <sup>d</sup>	307 <sup>e</sup>	243 <sup>b</sup>
EDTA-Mn	380 <sup>a</sup>	361 <sup>a</sup>	406 <sup>b</sup>	374 <sup>a</sup>	380 <sup>a</sup>	406 <sup>b</sup>
EDTA-Zn	39,1 <sup>c</sup>	11,6 <sup>a</sup>	10,3 <sup>a</sup>	8,87 <sup>a</sup>	39,5 <sup>c</sup>	30,1 <sup>b</sup>

Variancia-analízis, Tukey-féle b-teszt, Az azonos sorokban található, különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ( $P < 0,05$ ) különböznek egymástól,

Mind az élelmezési célokra, mind a takarmányozásra felhasznált búza fontos minőségi követelménye, hogy a szemtermésben a viszonylag nagy keményítőtartalom mellett minél nagyobb legyen a fehérjetartalom, Kérdéses, hogy az általunk alkalmazott tápanyag-utánpótlási gyakorlat miként hat az őszi búza beltartalmi paramétereire, sütőipari értékeire, További vizsgálataink ennek a feltárására irányulnak,

### Köszönetnyilvánítás

Kutatásainkat a Nitrogénművek Vegyipari Zrt, (Pétfürdő) támogatta,

---

**Irodalomjegyzék**

BALLA L., SZALAI L., KUROLI G., NÉMETH L., REISINGER P., ÁRENDÁS T., CSATHÓ P., & NÉMETH T, (2010): Búza, In: RADICS L, (szerk.): Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés, Agroinform Kiadó, Budapest

BOCZ E, (1992): Tápanyagellátás, In: BOCZ E, (szerk.): Szántóföldi növénytermesztés, Mezőgazda Kiadó, Budapest

FÜLEKY GY, (szerk.) (2004): Tápanyag-gazdálkodás, Mezőgazda Kiadó, Budapest,

LOCH J, & NOSTICZIUS Á, (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia, Negyedik, javított és átdolgozott kiadás, Mezőgazda Kiadó, Budapest

PEPÓ P, & SÁRVÁRI M, (2011): Gabonanövények termesztése, Digitális Tankönyvtár, [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010\\_1A\\_Book\\_09\\_Gabonanovenyek\\_termesztese/index.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_09_Gabonanovenyek_termesztese/index.html)

SIMON L., SZABÓ M., VINCZE GY., URI ZS., IRINYINÉ OLÁH K., MAKÁDI M, & VÍGH SZ, (2016): Energianövények és szántóföldi haszonnövények tápanyag-ellátásának vizsgálata, különös tekintettel a nitrogén-műtrágyák, mikroelem-tartalmú levéltrágyák és adalékanyagok együttes hatásának tanulmányozására, Kutatási zárójelentés, Készült a Nitrogénművek Vegyipari Zrt, (Pétfürdő) számára a Nyír-Inno-Spin Kft, (Nyíregyháza) megbízásából, Nyíregyházi Egyetem, pp, 1-139, (kézirat)

<http://www.gk-szeged.hu/vetomag/kalaszosok/oszi-buza/kozeperesu/gk-szala>

<http://www.genezispartner.hu/termekek-es-szolgalatasok/mutragyak/nitrogen-mutragyak/genezis-nitrosol/>

<http://alginit.hu/index.php/hu/>

<http://www.duszen.hu/hu/termekek/dudarit>

## Különböző talajművelés- és talajvédelmi módok összehasonlító vizsgálata erózióra hajlamos badacsonyi szőlőültetvényben

Varga Péter és Májner János

NAIK Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, Badacsonyi Kutató Állomás, 8261 Badacsonytomaj,  
Római u, 181.,

E-mail: [vargapeter@mail.iif.hu](mailto:vargapeter@mail.iif.hu)

### Összefoglalás

A környezetkímélő szőlőtermesztési technológiák talajművelési rendszereiben a talajvédelem, ezen belül az erózió elleni védelem kiemelt szerepet kap, Az erózióvédelem mellett azonban, a szárazabb ökológiai adottságú termőhelyeken, (egy-éves évjáratokban) a víztakarékosság elsődleges szemponttá válhat, Ilyen ökológiai adottságokkal rendelkezik a Balatoni régió is, A prognózisok szerint a klímaváltozás hatására egyre gyakoribb lesz a szárazság, magasabb lesz az átlaghőmérséklet, illetve gyakrabban várhatók heves esőzések, A nem megfelelő talajművelés hatására fellépő abiotikus stressz hatások negatívan hatnak a tőkék növekedésére, A NAIK Badacsonyi Szőlészeti és Borászati Kutatóintézetben közel egy évtizede, tartamkísérlet jelleggel beállított egy talajművelésmód összehasonlító kísérletsorozatot állítottunk be, 2015 évi kísérleteinkben a szerves növényi hulladékokkal történő talajtakarást, a tartós- és időszaki növénytakarást, valamint a mechanikai talajművelést hasonlítjuk össze lejtős (hegy-völgy irányú) rendszerben, A tartós növénytakaráshoz speciális fűkeveréket használtunk (vörös csenkesz, felemáslevelű csenkesz, nádképi csenkesz, angolperje), továbbá egy pillangósokból álló keverék (vörös here, bíborhere, fehérhere, tavaszi bükköny, takarmányborsó) vetésével is megpróbálkoztunk, Az időszaki növénytakarás megvalósításához őszi búzát, tritikálét, valamint a területre jellemző gyomösszetételt használtunk fel, továbbá facélia sorközvetést is alkalmaztunk önálló vetésben, Az idei évben (2015) célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk a kezelések hatását a talajnedvességre, a talaj, - és a növény tápanyag-ellátottságára, valamint a szüreti eredményekre, Összességében megállapítható, hogy talajainkat az erózió káros hatásaitól védeni kell, főként az olyan időjárási körülmények között, mint a 2015-ös évjárat volt-amikor is a száraz periódus és a hirtelen lezúduló heves esőzések váltották egymást, Az erózió elleni védekezés alapja lehet a szerves növényi hulladékkal való talajtakarás-mely kedvező, mind a talaj-, mind, pedig a növény számára (víz- és tápanyag-forgalom), Másik lehetséges megoldás a növénytakarás alkalmazása, Ezek közül is a speciális szárazságtűrő fűkeverék és a pillangós keverék bizonyult a legalkalmasabbnak, A talaj nedvességtartalma, ásványi nitrogén-ellátottsága, és a természetlag tekintetében kimagasló eredményt nyújtott a többi kezeléshez képest a szerves növényi hulladékkal való talajtakarás, valamint a pillangós keverék alkalmazása, Ezen eredmények a kontroll parcellákon mért eredményekhez képest statisztikailag igazoltan is plusz értéket hoztak,

**Kulcsszavak:** tartamkísérlet, erózió, talajművelésmód, talaj-és növénytakarás

### Summary

Among the soil cultivation systems applied in environmentally friendly viticulture technologies soil protection and within that protection against erosion plays a very significant role, However in the drier ecological production sites besides protection against erosion (in certain years) water retention can become the prime consideration, The Lake Balaton Region has such ecological aptitudes, It has been forecasted that as a result of the effect of climatic change droughts will become increasingly more frequent, the average temperature will rise and violent rainfalls can be

expected more frequently, Abiotic stress effects due to inappropriate soil cultivation have a negative effect on vine growth, For nearly a decade comparative soil cultivation trials of a duration experiment nature have been conducted at the NAIC Viticulture and Oenology Research Institute Badacsony, During our trials in 2015 we have drawn comparisons on a slope (hill-valley directional) system between mulching with organic plant wastes, and lasting and temporary plant coverage and also mechanical soil cultivation, A special grass mixture was used for the lasting plant coverage (Red fescue, Ambiguous leaved fescue, Tall fescue and Perennial ryegrass), and we also had trials using a legume seed mixture (Red clover, Crimson clover, White clover, Common vetch and Fodder peas), For the temporary plant coverage we used Winter wheat, Triticale and weed mixtures characteristic of the area, furthermore between the rows we planted just Phacelia on its own, Our aim this year (2015) was to examine the effect of the treatments on soil moisture content, on the soil and plant nutrition supply and on harvest results, It can be ascertained overall that our soils must be protected from the damaging effects of erosion, especially in the weather conditions prevailing throughout 2015, when dry periods interchanged with sudden heavy rainfall, The basis for protection against erosion can be soil coverage using organic material wastes which has a favourable effect on both the soil and the plant (water and nutrition supply), The other possible solution is the application of plant coverage, The most suitable of these proved to be the special drought resistant grass mixture and the legume mixture, In comparison with the other treatments the treatment using mulching with organic plant waste and the treatment using a legume mixture showed outstanding results for soil moisture content, mineral nitrogen supply and average yield, These results also showed statistically certified increased values when compared with the results measured on the control plots,

**Key words:** duration experiment, erosion, soil cultivation method, soil and plant coverage

### Bevezetés

Napjainkban, amikor a globális felmelegedés okozta klímaváltozás következtében fellépő új stressz hatásokkal szemben, a környezetbarát szőlőtermesztés egyre inkább előtérbe helyezi a harmonikus tápelem ellátás szükségességét, a termőhelyre adaptált megfelelő talajápolási módszer kiválasztását, az okszerű növényvédelem használatát, a megfelelő tőketerhelést, így nagyobb esélye van a vírusmentes, megfelelő minőségű és mennyiségű áru- és szaporítóanyag előállításának, A talajtakarás, illetve a takarónövények segítenek megvédeni a talajt az eróziótól, deflációtól, továbbá a gyomszabályozásban rejlő előnyük, illetve hatásuk sem elhanyagolható, A jelentések szerint a klímaváltozás hatására egyre gyakoribb lesz a szárazság, magasabb lesz az átlaghőmérséklet, illetve gyakrabban várhatók heves esőzések (IPCC, 2001), A szárazság hatására csökken a levelek és a bogyók fotoszintetikus aktivitása (KONDURAS et al., 2008), A nem megfelelő talajművelés hatására fellépő abiotikus stresszhatások negatívan hatnak a tőkék növekedésére (FARDOSSI 2001),

A nemzetközi és hazai szakirodalomban a legtöbb szerző azokon a szőlőtermő területeken, ahol éves szinten a 700-800 mm egyenletes eloszlású csapadék valószínűsége kicsi, a mezőgazdasági és kommunális hulladék talajtakarásra történő felhasználását javasolja, Ezek az anyagok - amellett, hogy javítják a talajok szervesanyag-gazdálkodását - csökkentik az erózióvesztést és megőrzik a nedvességet a kultúrnövény számára (BASLER, 1992; BOLLER et al., 1998; VARGA 1994), Ott, ahol a tenyészidőszakban a csapadék 250 mm alatti, vagy a talaj sekély termőrétegű, a talajnak különböző mezőgazdasági eredetű szerves hulladékokkal történő takarása jöhet szóba (BAUER, 1992), A tavasztól ősziig fedő takarónövények fő feladata a talaj védelme, illetve a gyomok elnyomása, A tenyészidőszakban azonban már számolni kell a takarónövények okozta víz- és tápanyag-konkurenciával is (BAUER et al., 2004), A növénytakaró lehengerezése esetén a hajtásnövekedés helyett a növény virágot hoz, vízfogyasztása kisebb lesz, a mulcsréteg védi a



## Különböző talajművelés- és talajvédelmi módok összehasonlító vizsgálata erózióra hajlamos badacsonyi szőlőültetvényben

---

talajt a kiszáradástól, Így például Dél-Ausztráliai kísérletek szerint a teljes felületű talajtakarás a talaj nedvességtartalmát 34 %-al, a szőlő termés mennyiségét 46 %-al növelte (BUCKERFIELD és WEBSTER, 1996), A szerves növényi hulladékkal történő talajtakarás számos pozitív hatását (talaj-tömörödöttség mérséklése és nedvességtartalom megőrzése) említi (VARGA & MÁJER, 2004), Olyan területen, ahol a csapadék mennyisége 500-520 mm, csak az erős növekedésű szőlők füvesítése javasolt, A takarónövény hatására a talaj nitrátszintje egész éven át beszabályozott, viszonylag alacsony marad, ezért csökken a nitrogén kimosódásának a veszélye (ZANATHY, 1998), A tápanyagok felvétele függ a talaj nedvességtartalmától, tömörödöttségétől, biológiai aktivitásától (BOGONI et al., 1995), A tőkék vegetatív és generatív produktivitását nagyban befolyásolja a talajművelés (GULICK et al., 1994), Kísérleteinkben célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk az időszaki- és tartós növénytakarás, valamint a szerves növényi hulladékkal való talajtakarás, és a mechanikai talajművelés módjainak a hatását a talajnedvesség, a talaj tápanyag-ellátottság, valamint a szüreti eredmények paramétereinek az alakulására,

### Anyag és módszer

A NAIK Badacsonyi Szőlészeti és Borászati Kutatóintézetében közel egy évtizede, tartamkísérlet jelleggel talajművelési kísérleteket állítottunk be, Ezen kísérletsorozat részeként 2015, évben kísérleteinkben a szerves növényi hulladékokkal -sás (*Carex sp.*), nád (*Phragmites australis*), kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis*) - történő talajtakarást (CAPHRAG), a tartós- és időszaki növénytakarást, valamint a mechanikai talajművelést (KONTROLL) hasonlítjuk össze lejtős (hegy-völgy irányú) rendszerben, A tartós növénytakaráshoz (FESLO) speciális fűkeveréket használtunk: 40% vörösnadrág csenkesz (*Festuca rubra L.*), 20% angolperje (*Lolium perenne L.*), 20% felemáslevelű csenkesz (*Festuca heterophylla L.*), 20% nádképi csenkesz (*Festuca arundinacea L.*), továbbá egy pillangósokból álló keverék (FABAC) : vörös here 25% (*Trifolium pratense*), bíborhere, 25% (*Trifolium incarnatum L.*), fehérhere 25% (*Trifolium repens L.*), tavaszi bükköny, 25% (*Vicia sativa L.*), takarmányborsó (*Pisum sativum L.*) vetésével is megpróbálkoztunk 2015-ben, Az időszaki növénytakarás megvalósításához őszi búzát (TRIES) (*Triticum aestivum*), tritikálét (TRI) (*Triticum secale*), a területre jellemző gyomösszetételt (STE) (a tél végi-tavaszi-nyár eleji vegetáció zömében és sorrendjében a következő: tyúkhúr (*Stellaria media L.*), bársonyos árvacsálán (*Lamium amplexicaule L.*), pásztortáska (*Capsella bursa-pastoris L.*) használtunk fel, valamint facélia (PHAC) (*Phacelia tanacetifolia*) sorközvetést is alkalmaztunk önálló vetésben, Kezelésenként négy ismétlést alkalmaztunk, egy kezeléshez 5 sorköz tartozik, összesen 0,1 ha egy kezelés tenyészterülete, A terület erózióknak kitett (észak-déli lejtésű, 12-14%, hegy-völgy irányú telepítési rendszer), A célkitűzésben megfogalmazottak szerint a talajnedvességi állapotokat tömeg százalékban, a talaj tápanyag ellátottságát mg/kg-ban, a szüreti eredmények közül a termésátlagot kg/m<sup>2</sup>-ben adjuk meg,

### Eredmények és értékelésük

#### Az időjárás fontosabb elemeinek rövid ismertetése

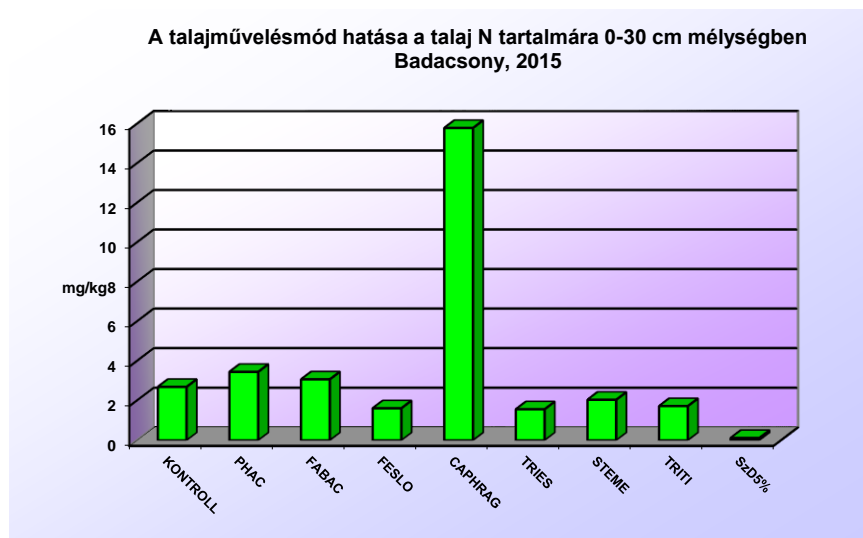
2015, évben október 31-ig 565 mm csapadék hullott, Az átlagos és túlzott csapadék-ellátottságú évjáratokkal ellentétben, amikor az erózióvédelemé volt a főszerep, a 2015, évjáratban a kedvezőtlen csapadék-ellátottságú időjárásnak köszönhetően a víztakarékosság és a talaj tápanyag-szolgáltató képességére gyakorolt hatás került előtérbe, A vegetációs időszakban, májusban előfordult, hogy hirtelen nagy mennyiségű, jelentős csapadék hullott, majd utána június, július és augusztus jelentős csapadékhiánnyal zárt a sokéves átlaghoz képest,

## Talajvizsgálati eredmények

A talajminták kémiai analízise során vizsgált paraméterek közül értékelhető különbséget a talaj ásványi N-tartalma tekintetében, és a talajnedvesség értékeknél kaptunk, az eredmények ismertetésénél is ezekre az adatokra szorítkozunk, A mintavételi időpontok mindkét esetben a szőlő virágzás főidőszakában (június 8.) történtek, A talajminta vételi mélységek az ide vonatkozó metodikai eljárások szerint a 0-30 és a 31-60 cm-es mélységből írják elő a vizsgálatokat, a kapott eredményeink szerint statisztikailag értékelhető különbséget csak a 0-30 cm-es mélységből származó mintákból kaptunk,

### A talaj ásványi nitrogén változásának (0-30 cm-es talajréteg) eredményei:

A talaj ásványi nitrogéntartalma 0-30 cm átlagában szignifikánsan magasabb volt a szerves növényi hulladékkal takart parcellákon, mint az összes többi kezelésben (1, ábra), A legalacsonyabb ásványi nitrogén tartalmat a speciális fűkeverék által kialakított időszakos növénytakarás parcelláin mértük, Ezek a különbségek szignifikánsak az összes többi időszakos és tartós növénytakarás és a talajtakarás kezeléseikhez képest, A facéliával bevetett parcellákon a második legmagasabb ásványi nitrogéntartalmat kaptunk mindkét talajmélységben, Ezen eredmény statisztikailag igazolható a többi kezeléshez képest, Az időszakos növénytakarásos kezelések esetében a tartós növénytakarás parcelláihoz viszonyítva igazoltan magasabb ásványi nitrogéntartalmat mértünk,

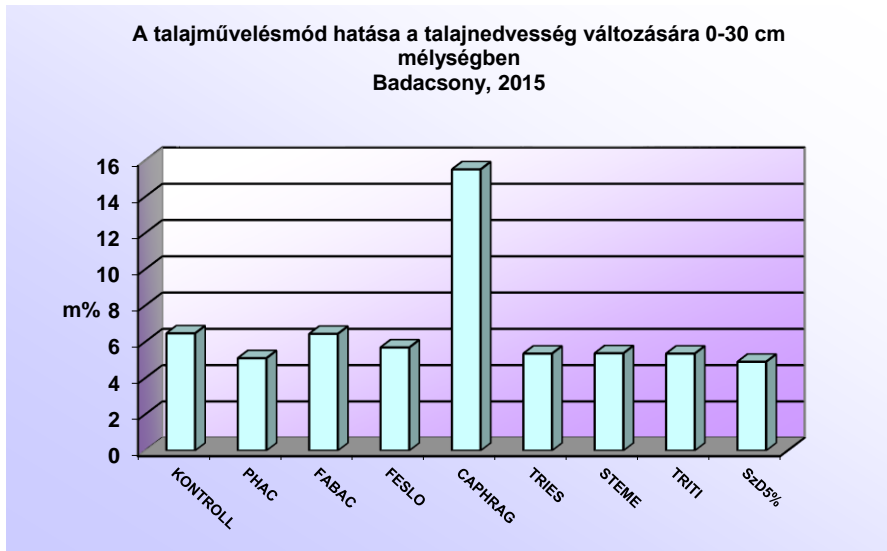


**1, ábra: A talajminták ásványi (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)-N tartalmának alakulása a kezelések hatására 0-30 cm mélységben (Badacsony, 2015)**

### A talaj nedvességtartalmának (0-30 cm-es talajréteg) vizsgálati eredménye:

A legkedvezőbb talajnedvességi állapotot a 0-30 cm-es talajszintben a szerves növényi hulladékkal történő talajtakarás hatására kaptuk, mely érték statisztikailag igazolt az összes többi kezeléshez képest (2, ábra), A második legmagasabb talajnedvességet biztosító kezelés a mechanikailag művelt parcellák voltak, Eredményében hasonló értékeket adott a gabonafélék és a pillangós keverék időszakos növénytakarása, valamint a tartós növényborítottságot előidéző fűvesítés parcellái, Ezekhez képest igazoltan nagyobb vízigénnyel bírt a facélia kezelés,

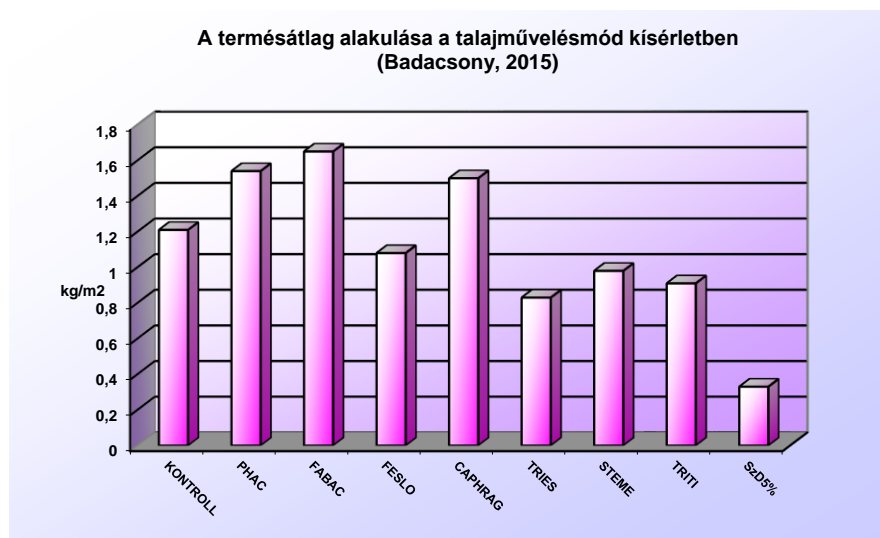
## Különböző talajművelés- és talajvédelmi módok összehasonlító vizsgálata erózióra hajlamos badacsonyi szőlőültetvényben



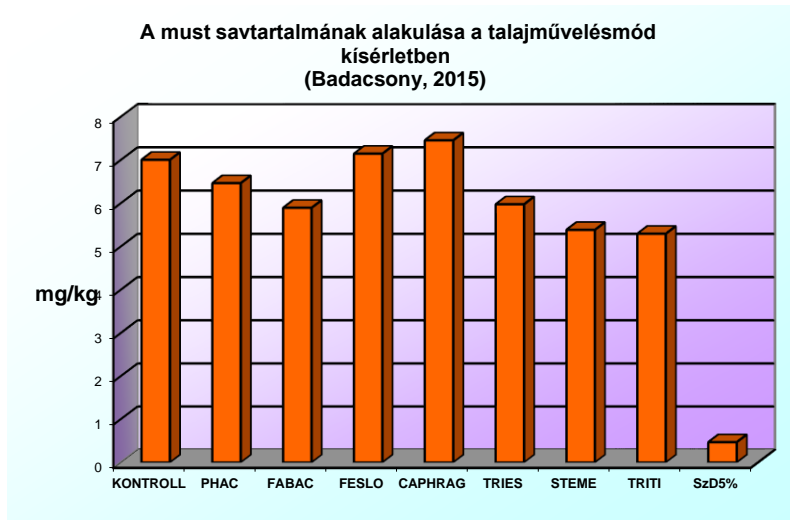
2, ábra: A talajművelésmód hatása a talajnedvesség változására 0-30 cm mélységben (Badacsony, 2015)

### Szüreti eredmények:

A szüreti paraméterek tekintetében értékelhető különbséget a kezelések között a terméseredmények esetében kaptunk (3, ábra), A mechanikailag művelt (kontroll) parcellák terméseredményeihez képest statisztikailag pozitív hatást adott a facélia, a pillangós keverék, valamint a szerves növényi hulladékkal való talajtakarás által borított parcellák kezelései, (3, ábra), A must savtartalmát értékelve megállapíthatjuk, hogy a kezelések közül a szerves növényi hulladékkal takart parcellák esetében a savtartalom kimagaslik a többi mért érték közül, mely több kezeléshez képest igazolt különbség is (4, ábra),



3, ábra: A talajművelésmód hatása a terméseredményekre (Badacsony, 2015)



**4. ábra: A talajművelésmód hatása a must savtartalmára**  
(Badacsony, 2015)

#### Következtetések

A vizsgált talajápolási módok közül a legkedvezőbb talajnedvességi állapotot a vegetációs időszakban a szerves növényi hulladékkal fedett sorközben mértünk, Ez az eltérés az összes kezeléshez képest statisztikailag igazolt,

Általánosságban megállapítható, hogy a 0-30 cm-es talajsztintben a facélia általi időszaki növényborítottságot adó kezelések talajában kevesebb nedvesség maradt, mint a többi időszaki növénytakarás kezeléseiben mért érték, Ez a megállapítás statisztikailag is igazolható a kontroll parcellákhoz képest,

Az időszaki növénytakaráshoz tartozó gabonafélék kisebb vízigényűek voltak, mint a facélia által alkotott társulás, a második legkisebb vízigénnyel a pillangós keverék bírt,

Továbbá megállapítható, hogy a harmadik legjobban szereplő takarási mód az időszaki növénytakarás parcellái közül a nedvességmegőrzés szempontjából, a speciális kevés vizet fogyasztó szárazságtűrő keverék parcellája, Az itt mért adatok a facélia időszaki növénytakarás parcelláihoz pozitív értelemben szignifikánsak,

A terméseredmények alakulásában kiemelkedő (szignifikáns) eredményt kaptunk a kezelések közül a szerves növényi hulladékkal történő talajtakarás és a pillangós keverék, valamint a facéliával borított parcellákon a kontroll kezelésekhöz képest,

A szerves növényi hulladékkal takart parcellákon a magasabb nedvességtartalom (talajban és a páratartalom a levélzeti emelet szintjén) és a magasabb ásványi nitrogéntartalom miatt a növények borszöveve lényegesen lazább, ezáltal fogékonyabbak a kórokozókra, így például jelen esetben a szürkepenész által okozott termés kiesés a nagyobb növényvédelmi kockázattal magyarázható,

Meg kell említeni, hogy a kontroll parcellák igen jól szerepeltek, ez is magyarázza, hogy a takarónövények vetése csak kitett, sekély termőrétegű, erózióra hajlamos, alacsony kötöttségű területen indokolt,

## **Különböző talajművelés- és talajvédelmi módok összehasonlító vizsgálata erózióra hajlamos badacsonyi szőlőültetvényben**

---

### **Irodalomjegyzék**

- BAUER, K, (1992): Ökologisch orientierte Bodenpflege und Düngung im Qualitätsweinbau, Ratgeber für die Praxis, 1, 1-155,p,
- BAUER, K., FOX, R, & ZIEGLER, B., (2004): Moderne Bodenpflege im Weinbau, Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf, 28-34,p,
- BASLER P, (1992): Integrierte Production: Wiederherstellung des Ökosystems Boden, Schweizerische Zeitschrift für Obst und Weinbau, 128 (12): p, 633-635,
- BOGONI, M., PANONT, A., VALENTI, L, & SCIENZA, A., (1995): Effects of soil physical and chemical conditions on grapevine nutritional states, Acta Horticulturae 383., 299-303,p,
- BOLLER E,F., EL TITI, A, GENDRIER, J, P., AVILLA, J., JÖRG, E, & MALAVOTA, C, (edit) (1998): Integrated Production in Europe: 20 years after the declaration of Ovronnaz, IOBC wprs Bulletin, Bulletin OILB srop Vol, 21 (1): p, 34,
- BUCKERFIELD J, C, & WEBSTER K, A, (1996): Earthworms, mulching, soil moisture and grape yields: earthworm response to soil management practices in vineyards, Barossa Valley, South Australia, 1995, Australian and New Zealand Wine Industry Journal, 11 (1): p, 47-53,
- FARDOSS, A, (2001): Einfluss von Stressfaktoren auf die Weinrebe, Der Winzer 2001 (1) 12-13,p,
- GULICK, S, H., D, W, GRIMES, D, S, MUNK & GOLDHAMER, D, A,(1994): Cover-crop-enhanced water infiltration of a slowly permeable fine sandy loam, Soil Sci, Soc, Am, J, (58) 1539-1546, p,
- IPCC, (2001): Climate change 2001: The scientific basis, In: Contribution of working group to the third assesment report of the intergovernmental panel on climate change, (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 58-65,p,
- KONDURAS, S., TSIALTAS, T., ZIOZIOU, E, & NIKOLAOU N, (2008): Rootstock effects on the adaptive strategies of grapevine under contrasting water status: Leaf physiological and structural resprones, Agriculture, Ecosystems and Enviroment, (128) 86-96,p,
- VARGA, I, (1994): A talajtakarás szerepe a dombvidéki szőlőtermesztésben, Kandidátusi Értekezés, Eger, 1-112, p,
- P, VARGA & J, MÁJER (2004): The Use of Organic Wastes for Soil-Covering of Vineyards 1<sup>st</sup> ISHS Symposium for grapevine growing, commerce and investigation Lisbon 2003,; Oral presentation, Acta Horticulturae Number 652, p, 191-197,
- ZANATHY, G, (1998): Környezetkímélő talajápolás, Kertészet és Szőlészet, 61 (23): p, 13,



<b>A kötet szerzőinek jegyzéke</b>			
<b>A, Á</b>		<b>Cs</b>	
Aranyos Tibor József	129	Csathó Péter	285, 293, 421
Árvay Gyula	85	Cserni Imre	223, 357, 397
<b>B</b>		Csikászné Krizsics Anna	13
Bakti Beatrix	327	Csitári Gábor	61
Balázsy Sándor	97	<b>D</b>	
Balla Dániel	179, 189	Dálnoki Anna Boglárka	251, 363
Balláné Kovács Andrea	337, 405, 415	Demendi Tünde	97
Barczikayné Szeiler Rita	149, 239	Demeter Ibolya	129
Barta Károly	317	Dobó Zsófia	299, 307
Bartus Máté	317	Dóka Lajos Fülöp	371
Bene László	13	<b>F</b>	
Bidló András	139, 441	Farsang Andrea	317
Birkás Márta	261	Fekete György	215, 251, 363
Biró Borbála	53, 73	Fekete István	73
Bíró Zsolt	299, 307	Fenyvesi László	261
Blaskó Lajos	129, 347	Földényi Rita	157
Bodor Emese Réka	239	Füleky György	233, 379
Bolodár-Varga Bernadett	139	<b>G</b>	
Borsodi Andrea	115	Gál Edina	269
Botos Ágnes	179, 189	Gálya Bernadett	347
Buzetzky Dóra	205	Grósz János	251
<b>C</b>		Gulyás Miklós	215
Centeri Csaba	299, 307	Gyuricza Csaba	327
Czimbalmos Róbert	347		
Czinkota Imre	215, 251, 363		

## TALAJVÉDELEM, 2017 – Különszám

<b>H</b>		Kocsis Tamás	53, 73
Hadházy Ágnes	387	Kónya József	205
Harkányiné Székely Zsuzsa	269	Kotroczó Zsolt	53, 73
Harta István	379	Kovács Dénes	233
Henzsel István	387	Kovács Eszter Mária	205
Herdon Miklós	347	Kovács Györgyi	199
Hofmann Eszter	139	Kovács Rita	27, 85
Horváth Adrienn	139	Kökény Mónika	61
Horváth Judit	21	Köles Péter	215
Horváth Zoltán	149, 239	Kremper Rita	121, 337, 415
Huszár Szilvia	363	Krett Gergely	115
Hüvely Attila	223, 357, 397	Kutasi József	27, 85
<b>I</b>		<b>L</b>	
Imre Csilla	27, 85	Lantos Zoltán	239
Imri Ádám	27, 85	Lehoczky Éva	421
Inubushi Kazuyuki	43	Loch Jakab	415
Irinyiné Oláh Katalin	449, 459	<b>M</b>	
<b>J</b>		M, Nagy Noémi	205
Jakab Anita	35	Májér János	467
Jakab Gergely	307	Makádi Marianna	129
Jolánkai Márton	261	Máté Rózsa	27
Juhász Evelin	415	Mazsu Nikolett	421
<b>K</b>		Mester Tamás	179, 189
Kamuti Mariann	421	Mucsi Márton	115
Kárpáti Éva	27, 85		
Kátai János	43, 105, 121,		
Kincses Sándorné	337, 405		



**TALAJVÉDELEM, 2017 – Különszám**

---

<b>N</b>		Sári Katalin	149, 239
Nagy Edina	157	Sass Vivien	441
Nagy Fruzsina	35	Sebők András	215, 251, 363
Neményi Miklós	261	Simon Barbara	327
Novák Tibor József	179, 189	Simon László	449, 459
<b>O</b>		Sisák István	157
Oláh Izabella	299	Sulyok Dénes	105
Oláh Nikolett	97	<b>Sz</b>	
Orosz Viktória	129	Szabó Anita	277, 285, 293
<b>P</b>		Szabó Boglárka	299, 307
Pék Nikoletta	85	Szabó György	179
Pepó Péter	431	Szabó Kornél	299
Pető Judit	223, 357, 397	Szalai Zoltán	307
Pokovai Klára	285, 293	Szalay Kornél	261
Pósa Barnabás	261	Szatmári József	317
Puspán Ildikó	27, 85	Szili-Kovács Tibor	115
<b>R</b>		<b>T</b>	
Ramadan Benjared	233	Takács Ferenc	35
Rásó János	189	Takács Tünde	115
Rékási Márk	285, 293	Tállai Magdolna	43, 105, 121, 415
Remenyik Tünde	277	Tamás János	347
Rizó Boglárka	85	Tolner Imre Tibor	261, 269
Romsics Csaba	85	Tolner László	215, 261, 269
<b>S</b>		Tomócsik Attila	129
Sándor Gábor	179	Tóth János Attila	73
Sándor Renáta	285, 293, 421	Tóth Zoltán	61
Sándor Zsolt	43, 105, 121	Tuba Géza	199

**U, Ú**

Uri Zsuzsanna 449, 459

Újháziné Kerék Barbara 149

**V**

Vágó Imre 43, 277

Vajda Péter 97

Várallyay György 167

Varga Péter 467

Vekerdy Zoltán 269

Veres Zsuzsa 73

Vígh Csaba 239

Vígh Szabolcs 449, 459

Vincze György 449, 459

**W**

Waltner István 269

**Y**

Yun Qiu 269

**Zs**

Zsembeli József 199

Zsuposné Oláh Ágnes 43, 105, 121