Talajtani Vándorgyűlés
Sopron, 2006. augusztus 23–25.

Talajvédelem különszám

Talajtani Vándorgyűlés 2006

Talajvédelmi Alapítvány

Budapest, 2007

Talajvédelem
A Talajvédelmi Alapítvány kiadványa
Különszám

TALAJTANI VÁNDORGYŰLÉS
Sopron, 2006. augusztus 23-25.

A konferenciát szervezte:
MAE Talajtani Társaság
MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottsága
Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

A különszámot kiadja:
Talajvédelmi Alapítvány
1126 Budapest, Zulejka u. 4.

Szerkesztette:
Bidló András
Szűcs Péter
Varga Bernadett

Lektorálta:
Anton Attila, Bidló András, Bíró Borbála, Dobos Endre, Heil Bálint, Jolánkai Márton, Kádár Imre, Kovács Gábor, Ligetvári Ferenc, Makó András, Máté Ferenc, Michéli Erika, Rajkai Kálmán, Sisák István, Szodfridt István, Tamás János, Tóth Gergely, Várallyay György

Tartalomjegyzék

Várallyay Gy.: A talaj szerepe az időjárási és vízháztartási szélsőségek kedvezőtlen ökológiai hatásainak mérséklésében, illetve fokozásában……... **7**

Tóth T. – Németh T. – Máté F. – Tóth G. – Gaál Z. – Szűcs I. – Makó A. – Horváth E. – László P. – Bidló A. – Dér F. – Fekete M. – Fábián T. – Heil B. – Hermann T. – Kovács G. – Mészáros K. – Pásztor L. – Patocskai Z. – Speiser F. – Várallyai Gy. – Vass J. – Vinogradov Sz.: Földminősítés és talajmonitorozás……..... **23**

Patocskai Z. – Rajkai K. – Bidló A. – Heil B. – Kovács G.: A mezőgazdasági és az erdészeti talajosztályozás egységesítése a föld- illetve termőhelyérték megállapítása érdekében…….. **33**

Fábián T. – Hoffmann R. – Dér F.: Földértékelés és termőhelyi minősítés új lehetőségei a gyepgazdálkodásban……... **42**

Debreczeni B.né – Tóth Z. – Hermann T.: Talajtermékenység és a szervesanyagtartalom szerepe a földértékelésben…..……... **49**

Heil B. – Bidló A. – Kovács G.: Települési szilárd hulladéklerakók biológiai rekultivációjának problémái……..... **61**

Szeder B. – Simon B. – Dombos M. – Szegi T.: Biológiai és biokémiai vizsgálatok egy eróziós katénán……. **76**

Pásztor L. – Szabó J. – Bakacsi Zs.: Térbeli talajinformációs rendszerek pontosságának és megbízhatóságának növelése……... **84**

Puskás I. – Farsang A.: A városi talajok osztályozása Szeged talajtípusainak példáján **100**

Illés G. – Kovács G. – Bidló A. – Heil B.: A digitális termőhely- és talajtérképezés erdészeti lehetőségei dombvidékeken…….. **112**

Markó A. – Labant A.: Az erdő- és szántóművelésű területek talajadottságainak összehasonlítása a Somogy megyei tájakon……. **122**

Uzinger N. – Anton A. – Szili-Kovács T. – Halbritter A.: Kémiai nehézfém-stabilizációs eljárás hatásainak vizsgálata laboratóriumi modellkísérletben……... **134**

Barta K. – Farsang A. – Mezősi G. – Erdei L. – Cser V.: Fitoremediációs kísérletek eltérő szennyezettségű területeken……... **145**

Biró B. – Villányi I. – Füzy A. – Ködöböcz L. – Angerer I. – Makádi M. – Anton A. – Monori I.: A mikrobiális aktivitás mérése és lehetséges kontrollja mezőgazdasági és kommunális eredetű szerves anyagok hasznosításánál…… **153**

Elek B. – Makó A. – S. Nagy I.: Talajok olajvezető-képességének becslése szénhidrogénnel szennyezett területek tényfeltárása során……. **163**

Farsang A. – Kitka G. – Barta K.: Talajerózió és foszforátrendeződési folyamatok térképezése kisvízgyűjtőn……. **171**

Fuchs M. – Waltner I. – Michéli E.: A hazai hidromorf talajok osztályozásának és nemzetközi megfeleltetésének kérdései……... **185**

Tóth T. – Kovács D. – Marth P.: Szikes talajok genetikai szintjei sótartalmának középtáji változékonysága a TIM pontok vizsgálata alapján…….. **193**

Juhász P. – Bidló A. – Heil B. – Illés G. – Kovács G.: Digitális termőhely-térképezés a Várhegy-erdőrezervátum területén…….. **203**

Kovács G. – Heil B. – Illés G. – Bidló A.: Soproni Hidegvíz-völgy Erdőrezervátum talajviszonyai és ökológiai jellemzése……..... **216**

Leviczkyné Dobi M. – Holló S.: Öntözőkutak vízminőségének vizsgálata a Nyírségben **224**

Leviczkyné Dobi M. – Vass E.: Az agrár-környezetgazdálkodási célprogramban résztvevő területek toxikus-elem tartalmának alakulása Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében…….. **236**

Meyndt Sz. – Szabóné Kele G. – Havasné Tátrai É.: Egy új típusú, a földhasználat szabályozást megalapozó talajvédelmi-talajhasznosítási tervezési eljárás bemutatása... **248**

Makó A. – Hermann T. – Tóth B. – Debreczeni B.né – Hernádi H.: Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek talajainak vízgazdálkodása…… **258**

Tóth B. – Makó A. – Rajkai K.: Vízgazdálkodás és termékenység összefüggésének vizsgálata hazai talajtani adatbázisokon……... **263**

Tóth Z. – Hermann T. – Kismányoky T.: A vetésszerkezet és a talajtermékenység összefüggései…… **269**

Sipeky Cs. – Árvay Gy. – Czakóné Vér K.: Indukált talajlégzés intenzitásának vizsgálata fémmel kezelt talajokon…… **279**

Előszó

A Magyar Agrártudományi Egyesület Talajtani Társasága, a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Bizottsága, valamint a Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kara közös rendezésében 2006. augusztus 23. és 25. között Sopronban tartottuk a Talajtani Vándorgyűlést. A vándorgyűlésen közel száz hazai talajtanos vett részt a gyakorlat, a kutatás és az oktatás területéről.

A vándorgyűlés mottójául: „A XXI. század kihívásai a talajokkal kapcsolatos adatok felvételezése, tárolása és alkalmazása terén" címet választottuk. A vándorgyűlés megnyitóját követő plenáris ülésen egy-egy előadás hangozott el a talajtani kutatás, a gyakorlat és az oktatás helyzetéről.

A plenáris ülést követően két szekcióban folytatódtak az előadások. A „Földminősítés és talajmonitorozás" című szekcióban 12, a „Talajosztályozás és térképezés" szekcióban 10 előadás hangzott el. Az előadások helyszínén 40 poszter került kiállításra, amelyek megtekintésére és az eredmények megvitatására az előadások előtt és közben is lehetőség volt.

A konferencia második napjának délutánján a résztvevők a Fertő-Hanság Nemzeti Park területén tanulmányúton vettek részt, ahol a táj szikes és láptalajaival ismerkedtek. A vándorgyűlés harmadik napján a Soproni-hegyvidék gneisz és csillámpaláján, illetve lösz lerakodásain kialakult jellegzetes barna erdőtalajai kerültek bemutatásra és megvitatásra.

Jelen kötet a konferencián elhangzott, illetve poszterként szereplő – a szerzők által megjeleníteni kívánt, illetve a lektorok által elfogadásra javasolt – előadások anyagát tartalmazza.

A szerkesztők ezúton is szeretnék megköszönni a szerzők és a lektorok munkáját.

Bidló András
Talajtani Vándorgyűlés főszervezője

A talaj szerepe az időjárási és vízháztartási szélsőségek kedvezőtlen ökológiai hatásainak mérséklésében, illetve fokozásában

Várallyay György
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet (MTA TAKI), Budapest

Összefoglalás

A Kárpát-medence alföldjei viszonylag kedvező agroökológiai adottságokkal rendelkeznek a fenntartható biomassza-termelés céljára. De, e kedvező adottságok igen nagy tér- és időbeni változatosságot mutatnak; szeszélyesek, gyakran kiszámíthatatlanok, s így nehezen előrejelezhetőek; szélsőségekre hajlamosak; érzékenyen reagálnak természeti okok miatti vagy emberi tevékenységből adódó stressz-hatásokra.

Az *általában* kedvező agroökológiai adottságokat elsősorban a következő tényezők veszélyeztetik: talajdegradációs folyamatok; szélsőséges vízháztartási helyzetek; a növényi tápanyagok és a szennyező anyagok biogeokémiai ciklusának kedvezőtlen irányú megváltozása.

Magyarországon egyre gyakoriabbak, s a jövőben még gyakoribbá, hosszabbá, súlyosabbá válnak a szélsőséges vízháztartási helyzetek: egyaránt nő az árvíz–belvíz–túlnedvesedés veszélye, ill. az aszályérzékenység. Mégpedig gyakran ugyanabban az évben, ugyanazon a területen. Ennek okai a légköri csapadék nagy és szeszélyes tér- és időbeni variabilitása; az eső-hó arány és a hóolvadás körülményei; a makro-, mezo- és mikrodomborzat; a talajviszonyok, elsősorban a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai; a növényzet, ill. a talajhasznosítás. Következményei pedig víz-, talaj-, biota-, növény-, termés- és energia-veszteség, valamint fokozódó környezeti kockázatok, károsodások.

Ilyen körülmények között megkülönböztetett jelentősége van annak, hogy Magyarország legnagyobb potenciális természetes víztározója a talaj. 0–100 cm-es felső rétegének pórusterébe (30–35 km³) az évi átlagos csapadékmennyiség (50–55 km³) elvileg kétszerre beleférne. Az egyre gyakoribbá váló szélsőséges vízháztartási helyzeteket az okozza, hogy ez a tározótér nem tud feltöltődni, hasznosulni, az alábbi okok miatt:

– A talaj pórustere vízzel telített, egy megelőző nedves időszak csapadéka feltöltötte *(„tele palack”).*
– A víz talajba szivárgását vagy egy fagyott *(„fagyott palack”),* vagy egy erősen tömődött, közel víz át nem eresztő *(„ledugaszolt palack”)* felszíni vagy felszín közeli talajréteg megakadályozza vagy korlátozza.
– A beszivárgott víz nem tározódik a talajban, hanem a mélyebb rétegekbe vagy a talajvízbe szivárog *(„lyukas palack”).*

Következik fentiekből, hogy a talajvízháztartás-szabályozásának alaptétele a felszínről jutó víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos (a növény számára felvehető formában történő) tározásának elősegítése. Ezzel egyaránt csökken a felszíni lefolyás, a párolgási és szivárgási veszteségek; javul a növény vízellátása; s mérséklődik a káros környezeti mellékhatások kockázata.

Summary

The Carpathian Plains have relatively favourable agro-ecological conditions for rainfed biomass production. But! These favourable conditions show high spatial and time variability; often extremes and hardly predictable; and sensitively react to natural or human-induced stresses.

Generally favourable agroecological conditions are limited or threatened by soil degradation processes; extreme moisture events; unfavourable changes in the biogeochemical cycles of plant nutrients and potentially harmful soil pollutants.

The risk, probability, frequency, duration and „seriousness" of extreme moisture events, as flood–waterlogging–overmoistening (too much water) hazard, or drought-sensitivity (water deficiency) are increasing and they often happen in the same year at the same place. The reasons of these situations are the high, random (and hardly predictable) spatial and time variability of atmospheric precipitation; the rain–snow ratio and snowmelt intensity; macro-, meso- and micro-relief; soil conditions, especially the physical–hydrophysical properties of soils; natural vegetation and land use pattern. Their main consequences are: losses in wate-, soil, organic matter, plant nutrients, biota, plant, yield and energy; and the increasing hazard of undesirable environmental side-effects.

Under such conditions the fact that in Hungary the soils represent the highest potential natural water storage capacity has special significance. In the pore space of the 0–100 cm soil layer 30–35 km³ water can be stored, which is more than half of the 50–55 km³ yearly atmospheric precipitation. The main reason of the increasing hazard of extreme hydrological events is that this huge potential water storage capacity cannot be efficiently used because of the following reasons:

- the pore space is not empty, it was filled up during the previous rainy periods („filled bottle" effect);
- the water infiltration to the soil is limited by a frozen („frozen bottle" effect), or a compact, hardly penetrable („closed bottle" effect) soil surface or near surface soil layer;
- the infiltrated water is not stored within the upper soil layers, but percolates downward into deeper horizons, or to the groundwater („leaking bottle" effect).

It can be concluded from these facts that the main goals of efficient soil moisture control are: to help the infiltration of water into the soil; and to help the useful storage of infiltrated water within the soil profile in plant (biota) available form. These efforts will simultaneously decrease evaporation and filtration losses; improve the moisture supply of plants; and reduce the risk of unfavourable environmental side-effects.

Bevezetés

Az emberi élet minőségének kritériumait illetően a különböző társadalmak tagjainak véleménye, a természeti és gazdasági viszonyoktól, emberi karakterüktől, szociális körülményeiktől, lehetőségeiktől, történelmi hagyományaitól, befolyásoltságuktól, egyéni és csoportérdekeiktől függően nagymértékben különbözik, s időben is jelentősen változik.

Három feltételt illetően azonban szinte teljes az egyetértés. Ezek a következők:

- megfelelő mennyiségű és minőségű, egészséges élelmiszer;
- jó minőségű víz;
- kellemes környezet.

Mindhárom szoros és sokoldalú összefüggésben van a talajjal, valamint annak használatával. Ennek alapján fogalmaztuk meg 2004-ben megismételt 1997. évi „Föld–napi" üzenetünkben: „Talaj és vízkészleteink ésszerű és fenntartható használata, megóvása az életminőség javításának fontos feltétele, ezért össz-társadalmi érdek!" (Várallyay, 2000).

A fenntartható fejlődés megkülönböztetett jelentőségű elemei Magyarországon talajkészleteink, illetve ökoszisztémáink (felszín közeli geológiai képződmények–talaj–víz–élővilág–felszín közeli atmoszféra kontinuum) ésszerű hasznosítása, védelme, állagának, kedvező „minőségének" megőrzése, sokoldalú funkcióképességének (Várallyay, 1997) fenntartása, ami az *egész* társadalom részéről különös figyelmet igényel, átgondolt és összehangolt intézkedéseket tesz szükségessé (Várallyay, 2001, 2002). Ezeket fogalmaztuk meg EU-konform talajvédelmi stratégiánkban (Várallyay, 2005b), s fordítunk megkülönböztetett gondot arra, hogy a fenntartható talaj- és vízhasználat a jövőbeni feladatainkat kijelölő országos programokba (Nemzeti Fejlesztési Terv, Környezetvédelmi Program, Új Magyarország Fejlesztési Terv, Új Magyarország Vidékfejlesztési Stratégiai Terv stb.) is belekerüljön, s azokban megfelelő hangsúlyt, fontosságuknak megfelelő prioritást kapjon (Várallyay, 2005b; Németh et al., 2005).

A Kárpát-medence, s benne Magyarország (elsősorban az alföldek) általában kedvező agroökológiai adottságokkal (klíma, talaj, vízkészletek) rendelkeznek, s jó lehetőséget nyújtanak élelmiszer-, takarmány-, ipari nyersanyag-, esetleg energia célú biomassza-termelésre. Ezek a kedvező adottságok azonban térben és időben egyaránt igen nagy változatosságot mutatnak, szélsőségekre hajlamosak, szeszélyesek, ezért nehezen előrejelezhetőek, s érzékenyen reagálnak természeti okok miatti, vagy az emberi tevékenységből adódó stressz-hatásokra (Láng, 2006; Láng et al., 1983; Várallyay, 2003, 2006b; Várallyay et al., 1980).

A viszonylag kedvező adottságokat elsősorban az alábbi 3 talajtani tényező veszélyezteti:

1. Talajdegradációs folyamatok (Szabolcs & Várallyay, 1978; Stefanovits & Michéli, 2005; Szabó et al., 1999; Várallyay, 2006a).
2. Talajtani okok miatti szélsőséges vízháztartási helyzetek (Várallyay, 1999, 2003, 2006b).
3. Elemek (növényi tápelemek, szennyező anyagok) kedvezőtlen biogeokémiai körforgalma (Csete & Várallyay, 2004).

Ezek közül jelen közleményünkben a szélsőséges vízháztartási helyzetek talajtani okait és következményeit elemezzük.

Korlátozott vízkészletek

A Kárpát-medence természeti adottságai között nagy biztonsággal előrejelezhető, hogy az élelmiszer- és környezetbiztonságnak, a korszerű „fenntartható és multifunkcionális mezőgazdaság- és vidékfejlesztésnek, valamint a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz egyik meghatározó tényezője, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, ennek érdekében pedig a talaj vízháztartás-szabályozása megkülönböztetett jelentőségű kulcsfeladata (Antal et al., 2000; Cselőtei & Harnos, 1994; Somlyódy, 2000; Várallyay, 1999, 2002, 2004, 2005a; Németh, 2005). Vízkészleteink ugyanis korlátozottak.

A lehulló csapadék a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb) mint jelenleg, s nem fog csökkenni tér- és időbeni variabilitása sem. Ezt a VAHAVA Program keretében végzett kutatások egyértelműen és egybehangzóan prognosztizálják (Láng, 2006).

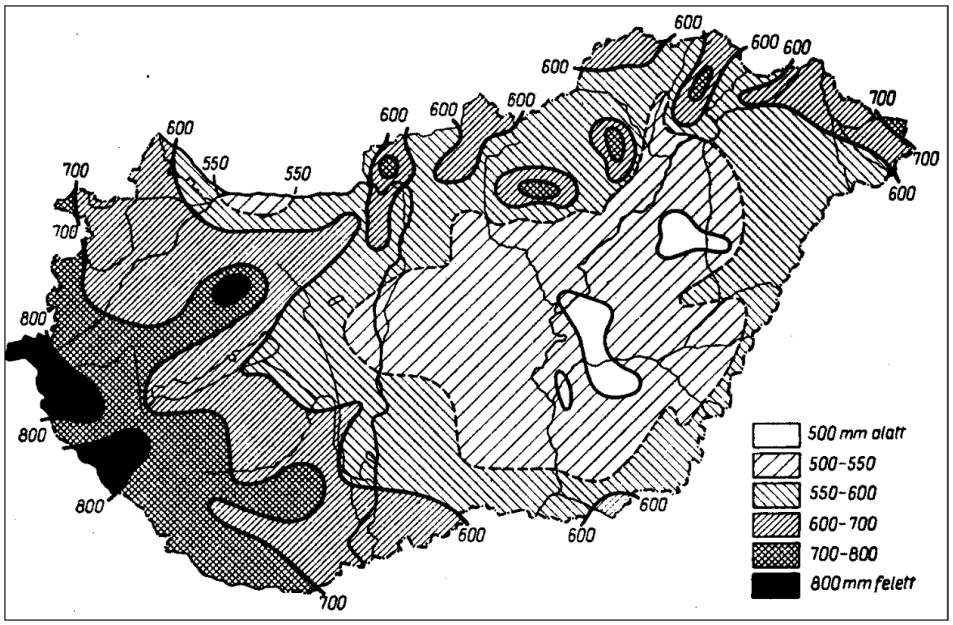
A 85–90%-ban szomszédos országokból érkező felszíni vizeink mennyiségének növekedésére sem lehet számítani, különösen nem a kritikus „kisvízi" időszakokban. Felszín alatti vízkészleteink nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezeti következmények nélkül, mint erre az utóbbi években a súlyos következményekkel járó és „sivatagosodási tüneteket" okozó Duna–Tisza közi talajvízszint-süllyedés hívta fel a figyelmet. Tény, hogy a jó minőségű talajvízből kapillárisan a talajvízszint feletti talajrétegekbe jutó víz mennyisége Magyarország teljes öntözési kapacitásának két-háromszorosa. Amilyen előny ez jó minőségű (kis sótartalmú, kedvező ionösszetételű) talajvíz esetén, ugyanolyan környezeti kockázatot jelent rossz minőségű talajvíz esetén (a Tiszai Alföld jelentős területein), hisz másodlagos szikesedés veszélyével fenyeget. Nem mindegy tehát, hogy ez a hatalmas potenciális talajnedvesség-tározótér hogyan töltődik fel, hogyan, honnan és mivel telítődik, hogy hasznosul, s milyen környezeti hatásai vannak.

Mivel a lakossági, ipari és egyéb vízigények gyorsan és nagymértékben növekszenek, a fokozott mértékű felhasználással óhatatlanul romló vízminőség pedig újabb és újabb vízkészleteket zár ki a növénytermesztési vízfelhasználásból, egyértelműen levonható az a következtetés, hogy a biomassza-termelés növekvő vízigényét a jövőben Magyarországon (is) csökkenő vízkészletekből kell kielégíteni.

Szeszélyes csapadékviszonyok

Az éves csapadékmennyiség további megoszlása csak „általános" valószínűségeket tükröz (1. ábra).

Ezek mögött a sokéves átlagok mögött azonban egy erősen ingadozó éves csapadékmennyiség (még mindig átlag!) húzódik meg (2. ábra).



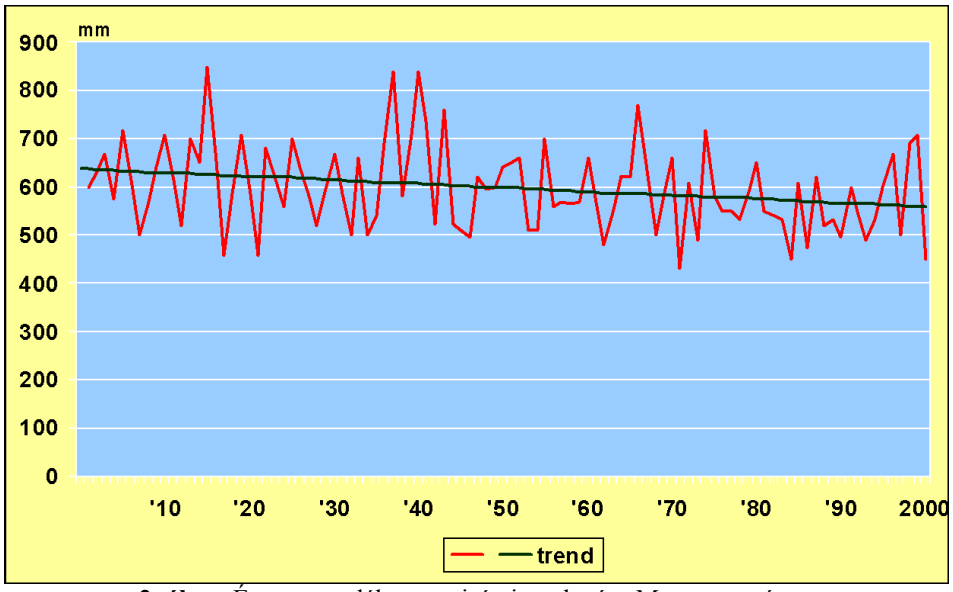
1. ábra. A csapadék évi összegének területi eloszlása, mm

Ha hasonló ábrát szerkesztenénk az éven belül hónapokra, a hónapokon belül napokra, sőt napokon belül órákra, hasonlóan nagy amplitúdójú ingadozásgörbéket kapnánk. S ugyanez érvényes a területi megoszlása is, szemléletesen jelezve csapadékviszonyaink nagy és egyre növekvő tér- és időbeni variabilitását, nehezen előrejelezhető kiszámíthatatlanságát.

Az évi átlagos csapadékmennyiség – optimális eloszlásban – a jelenleginél nagyobb biomassza-hozamok előállításának vízigényét is fedezné. Az átlagos csapadékmennyiség azonban többnyire roppant szeszélyes időbeni és területi megoszlásban hull le, s gyakran csupán szerény hányada jut el a növényig. Ezért adódik gyakran zavar a növények vízellátásában, s van, vagy lenne szükség a hiányzó víz pótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására – esetleg ugyanabban az évben, ugyanazon a területen (Várallyay, 1988; Szabolcs, 1961), mint erre az utóbbi évek sajnos szemléletes, de fájdalmas példát szolgáltattak (Várallyay, 2005a,b, 2006a).

A Kárpát-medence, benne Magyarország alföldjeinek vízháztartási **szélsőségességét** a **szeszélyes csapadékviszonyok** mellett két további tényező súlyosbítja:

– a makrodomborzat tekintetében sík Alföld **heterogén mikrodomborzata** (padkákkal, hátakkal, erekkel, laposokkal, semlyékekkel); és
– a térség **talajviszonyainak igen nagy változatossága**, helyenként mozaikos tarkasága, valamint a **talajok** jelentős hányadának **kedvezőtlen fizikai–vízgazdálkodási tulajdonságai** (Várallyay, 1999, 2003).

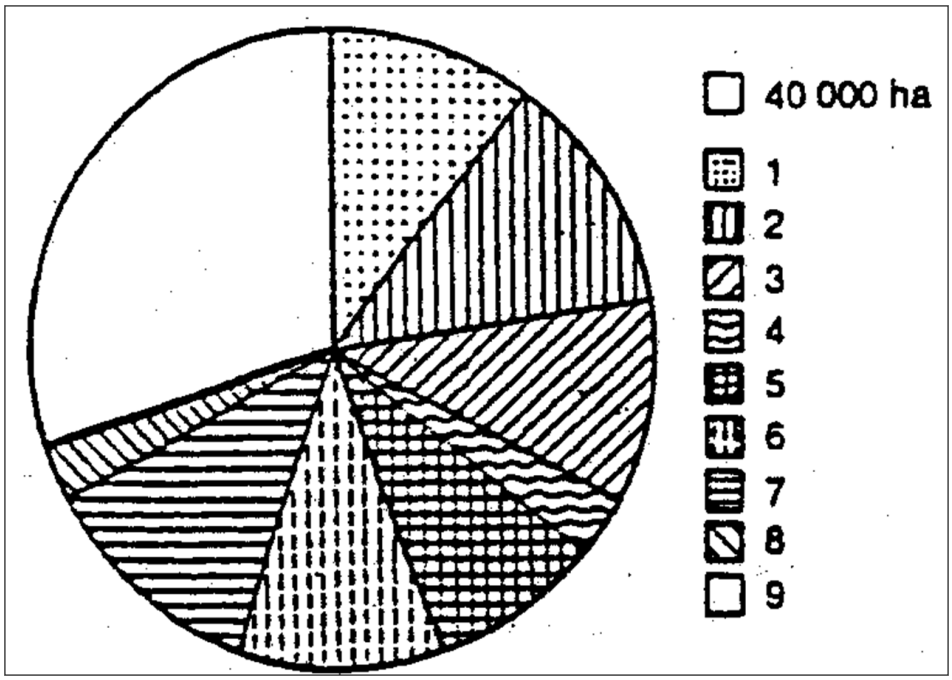


2. ábra. Éves csapadékmennyiség ingadozása Magyarországon
(Varga – Haszonits, 2006)

Magyarország talajainak vízgazdálkodása

A talaj **termékenységében és környezeti érzékenységében** egyaránt megkülönböztetett szerepe van a talaj **vízgazdálkodásának**. Ez nemcsak a természetes növényzet és a termesztett növények vízigényének kielégíthetőségét szabja meg, hanem meghatározza a talaj levegőgazdálkodását, hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és – ezeken keresztül – tápanyaggazdálkodását is. Hat a talaj technológiai tulajdonságaira is, meghatározva ezzel egyes agrotechnikai műveletek szükségességét, optimális időpontját, illetve lehetséges időtartamát, gépigényét, energiaszükségletét. Végül meghatározza, hogy a talaj vagy terület a környezet „stresszhatásait" milyen mértékig képes pufferolni, s melyek a tűrési határt meghaladó „terhelés" esetén a talajban vagy a talajjal érintkező felszíni vagy felszín alatti vízkészletekben várhatóan bekövetkező károsodások rövid vagy hosszú távon, az adott területen vagy annak környezetében.

Részletes felméréseink szerint hazánk talajainak mintegy 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és csupán 31%-a jó vízgazdálkodású (3. ábra). Ennek oka az ország területének 10,5%-án a nagy homoktartalom, 12%-án a nagy agyagtartalom, 10%-án a szikesedés, 3%-án a láposodás, 8,5 %-án pedig a felszín-közelben megjelenő szilárd kőzet, tömör padok, kavics vagy egyéb tényezők okozta „sekély termőréteg"; illetve az előbbinél kevésbé szélsőséges, de még mindig nagy homoktartalom (11%), agyagfelhalmozódás a talajszelvényben (12%), valamint a talaj mélyebb rétegeiben előforduló mérsékelt szikesedés (3%) (Várallyay, 2001, 2004, 2005a).



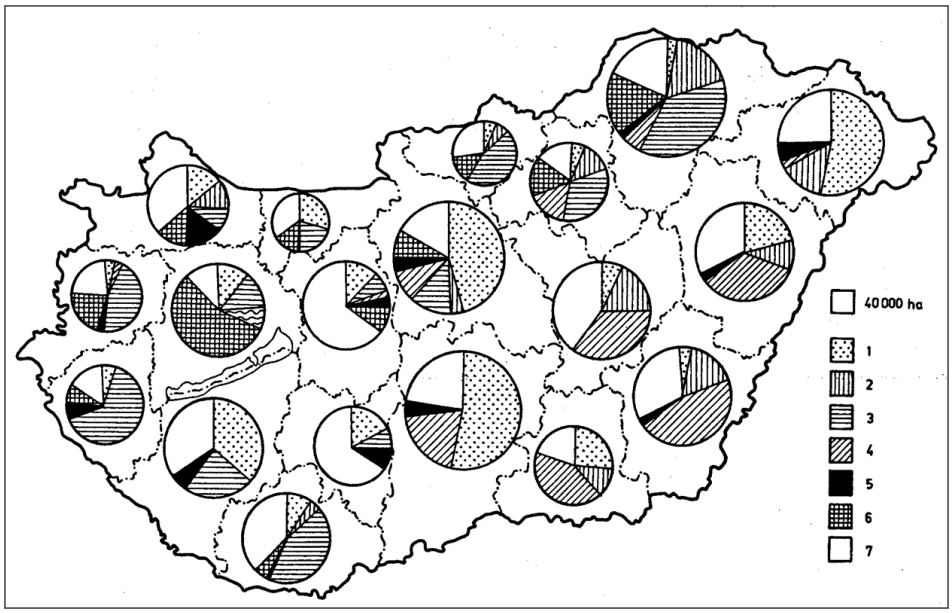
3. ábra. Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok megoszlása Magyarországon. 1–5. *Kedvezőtlen* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok. A kedvezőtlen tulajdonságok oka: 1. Szélsőségesen nagy homoktartalom. 2. Szélsőségesen nagy agyagtartalom. 3. Szikesedés. 4. Láposodás. 5. Sekély termőréteg. 6–8. *Közepes* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok. Oka: 6. Könnyű mechanikai összetétel. 7. Agyagfelhalmozódás a talajszelvényben. 8. Mérsékelt szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben. 9. *Jó* vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok

A különböző okok miatt kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodású talajok területét – megyénként – a 4. ábra szemlélteti (a körök nagysága a megye területével arányos). Annak ellenére, hogy a talaj vízgazdálkodását a talajtulajdonságokon túlmenően természetesen az éghajlati viszonyok (elsősorban a csapadékviszonyok), a lejtős területeken pedig a domborzat is jelentősen befolyásolja, az ábra alapján a melioráció és a mezőgazdasági vízgazdálkodás fő feladatai jól kirajzolódnak. Azonnal szembetűnik pl., hogy Bács–Kiskun, Pest, Somogy és Szabolcs–Szatmár megyékben a nagy homoktartalom, Szolnok me-gyében a nagy agyagtartalom, Baranya, Borsod–Abaúj–Zemplén, Heves, Nógrád, Vas és Zala megyékben a talajszelvényen belüli agyagfelhalmozódás és az erózió, Békés, Csongrád, Hajdú–Bihar és Szolnok megyékben a szikesedés, Veszprém megyében pedig a felszín közeli tömör kőzet megjelenése miatti sekély termőréteg okozza elsősorban a talajok nem megfelelő vízgazdálkodását, jelöli ki a talajnedvesség-szabályozás fő

feladatait. Ugyanakkor Tolna és Fejér megye talajainak nagyobb része jó vízgazdálkodású.

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak és vízháztartásának szabatos jellemzéséhez **megfelelő talajtani információanyag** szükséges. Ezen igények kielégítésére az utóbbi évtizedben egy korszerű, élénk nemzetközi érdeklődést is kiváltó **talaj–felvételezési–talajvizsgálati–adatértékelési–térképezési–monitoring–prognózis rendszert** dolgoztunk ki, amelynek legfontosabb lépései a következők voltak (Várallyay, 2005a):

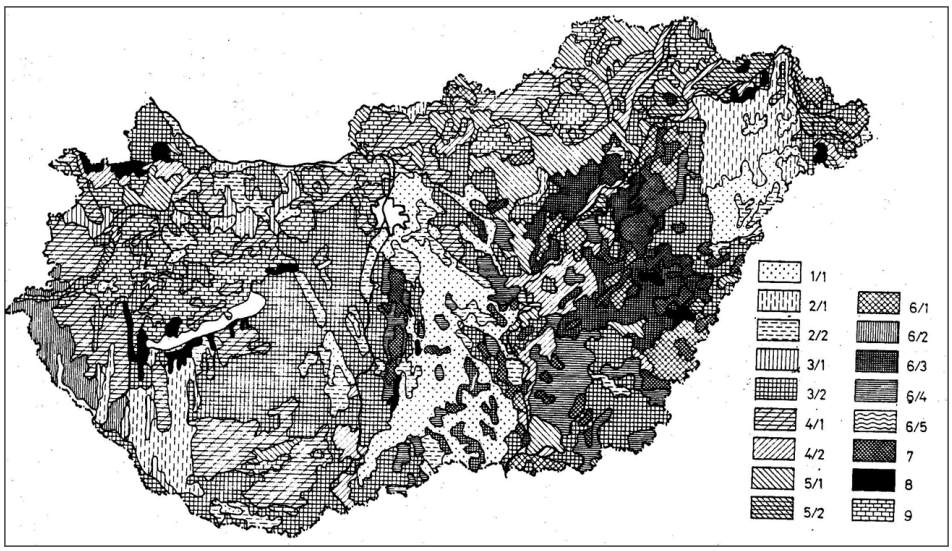
(1) Vizsgálati rendszer és korszerű számítógépes adatbázis megalkotása a legfontosabb talajfizikai–talaj vízgazdálkodási jellemzők meghatározására, a vizsgálati eredmények „tárolására" és értékelésére (Várallyay, 2003).



4. ábra. Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok megoszlása megyénként. 1–6. Különböző okok miatt kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok. A kedvezőtlen és közepes vízgazdálkodási tulajdonságok oka: 1. Nagy homoktartalom. 2. Nagy agyagtartalom. 3. Agyagfelhalmozódás a talajszelvény egyes rétegeiben. 4. Szikesedés. 5. Láposodás. 6. Sekély termőréteg. 7. Jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok

(2) A talaj vízgazdálkodási tulajdonságok (teljes és szabadföldi vízkapacitás, holtvíztartalom, hasznosítható vízkészlet, víznyelés sebessége, hidraulikus vezetőképesség) szerinti kategóriarendszerének megalkotása és e kategóriák 1:100 000 méretarányú térképének megszerkesztése (5. ábra) (Várallyay, 2005b; Várallyay et al., 1980).

(3) Hazai talajok főbb vízháztartási típusainak elkülönítése, jellemzése és 1:500 000 méretarányú térképen történő ábrázolása (Várallyay, 1985).
(4) Hazai talajok főbb anyagforgalmi típusainak meghatározása, jellemzése és 1:500 000 méretarányú térképen történő ábrázolása (Várallyay, 1985).
(5) Módszer kidolgozása a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak és vízháztartási jellemzőinek részletes (nagyléptékű) térképezésére és adatbázisba szervezésére a térinformatika és a távérzékelés nyújtotta korszerű új lehetőségek integrált kihasználásával (Szabó et al., 1999).
(6) Modellek alkotása a talaj nedvességforgalmának kvantitatív leírására és előrejelzésére; a talajvízből a talajvízszint feletti rétegekbe jutó víz (oldat, oldott anyagok) mennyiségének meghatározására; a növények jóminőségű talajvízből történő kapilláris vízellátás-kiegészítő „optimális talajvízszint, valamint a nagy sótartalmú és kedvezőtlen sóösszetételű talajvizek hatására végbemenő másodlagos szikesedési folyamatokat megelőző „kritikus talajvízszint" meghatározására (Várallyay, 2003).



5. ábra. Magyarország vízgazdálkodási tulajdonságainak egyszerűsített térképe. Vízgazdálkodási kategóriák: 1. Igen nagy víznyelő (VNy) és vízvezető képességű (VK), gyenge vízraktározó képességű (VR), igen gyengén víztartó (VT) talajok. 2. Nagy VNy, VK, közepes VR, gyengén VT. 3. Jó VNy, VK, jó VR, jó VT. 4. Közepes VNy és VK, nagy VR, jó VT. 5. Közepes VNy, gyenge VK, nvagy VR, erősen VT. 6. Gyenge VNy, igen gyenge VK, erősen VT, kedvezőtlen vízgazd. 7. Igen gyenge VNy, szélsőségesen gyenge VK, igen erősen VT, igen kedvezőtlen, extrémen szélsőséges vízgazd. 8. Jó VNy és VK, igen nagy VR és VT. 9. Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazd. 2/1 és 3/1: a mélységgel egyre könnyebbé váló mechanikai összetétel. 1/1, 2/2, 3/2, 4/2, 5/2: az egész szelvényben viszonylag egyenletes mechanikai összetétel. 4/1, 5/1: viszonylagos agyagfelhalmozódás a B-szintben. 6/1: nehéz agyagtalajok. 6/2:

psezdoglejes barna erdőtalajok. 6/3: (sztyeppesedő) mély réti szolonyecek, szolonyeces réti talajok. 6/4: mélyben sós és/vagy szolonyeces talajok. 6/5: lápos réti talajok

A rendelkezésre álló mérési adatok Magyarország bármely talajféleségére, talajfoltjára, illetve azon szelvényének bármely vastagságú rétegére meghatározható a talajvíz, befogadására alkalmas pórustér, a felszínre jutó víz beszivárgásának sebessége, a talajban tárolható víz mennyisége, sőt ennek „holtvíz", illetve a növény számára hozzáférhető „hasznos víz" hányada is. Mindezek alapján lehetővé válik egy-egy táj, vízgyűjtő, körzet, üzem, esetleg egyéb természeti, adminisztratív vagy térképezési területi egység talajainak korszerű vízgazdálkodási jellemzése, előre jelezhetők bizonyos időjárási helyzetek várható vízháztartási következményei (felszíni lefolyás, árvíz, belvíz, túl nedves talajállapot, aszály), azok várható tartama, mértéke és ökológiai stressz-hatásai. A megbízható és időben történő **előrejelzés** alapján pedig megfelelő vízháztartás-szabályozási intézkedések foganatosíthatóak a káros hatások **megelőzésére**, kivédésére, elhárítására vagy mérséklésére.

A talaj, mint Magyarország legnagyobb potenciális természetes vízraktározója

Természeti adottságaink között meghatározó jelentősége van annak, hogy a **talaj az ország legnagyobb kapacitású potenciális természetes víztározója** (Várallyay, 2004, 2005b, 2006b). A hazánk területére hulló (átlagosan 550–600 mm-nyi) évi csapadék mennyisége: 50–55 km³. A talaj felső egy méteres rétegének tározótere 30–35 km³. [A nagyság szemléltetésére csupán 2 összehasonlító adat: a hazánkba belépő felszíni vízfolyások hozama 110–120 km³/év; a Balaton víztömege 1,5–2,0 km³.] Ennek mintegy 55–60%-a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz", 40–45%-a pedig „hasznosítható víz", amelyre vonatkozóan pontos területi adatok állnak rendelkezésünkre. Mindez azt jelenti, hogy a lehulló csapadék több mint fele (!) egyszerre „beleférne" a talajba, ha beszivárgását nem akadályozná a talaj tározóterének kisebb-nagyobb mértékű vízzel telítettsége (mint pl. 2000 tavaszán a csapadékos 1999. évi őszt követően) **(„tele palack effektus"),** a talaj felső rétegének átfagyása **(„fagyott palack effektus"),** vagy a talaj felszínén, illetve felszín közeli rétegeiben kialakuló kis vízvezető képességű (lassú víznyelésű) réteg, ami megakadályozza vagy lassítja a talaj nedvességtározó terének feltöltését (**„ledugaszolt palack effektus"**). Ez következett be a Magyar Alföld hatalmas kiterjedésű nehéz mechanikai összetételű (nagy agyag- és duzzadó agyagásvány-tartalmú) és szikes talajain. A talaj még a hosszabb-rövidebb belvízborítás alatt sem ázott be mélyen, nem „használta ki" legalább a felső egy méteres réteg víztároló kapacitását. S ezért fordult elő azután – nagy területeken – az a helyzet, hogy a belvizek természetes eltűnése vagy mesterséges eltüntetése után a csapadékszegény nyári időszakban a talaj viszonylag vékony rétegében tározott

csekély vízmennyiség csak rövid ideig volt képes a növényzet vízigényét kielégíteni, s a tavasszal belvizes vagy túlnedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeztek. Könnyű mechanikai összetételű homoktalajaink aszályérzékenységét a talaj gyenge víztartó képessége okozza. Itt (az erősen tömődött, gyakran mésszel öszecementált felszínű homoktalajoktól eltekintve) a víz nagyon be tud szivárogni a talajba, de a pórustérben nem tud megmaradni, csak „átfut'"a talajszelvényen, s jut a mélyebb rétegekbe vagy a talajvízbe: **„lyukas palack effektus".** S ez a „vízháztartási kétarcúság" sajnos nem kivételes eset, hanem egyik jellemzője a Magyar Alföldnek. Szeszélyes és szélsőségekre hajlamos klímájú országunkban (alföldjeinken) a talaj megkülönböztetett fontosságú szerepe nem vitatható. Szemléletes bizonyítéka ennek az a tény, hogy azonos időjárási szélsőségek a talajviszonyoktól függően nagymértékben különböző ökológiai stressz-helyzeteket és következményeket eredményez(het)nek. Így volt ez 2000-ben is: a szélsőséges vízgazdálkodású, belvizes majd aszályos területeken súlyos, helyenként katasztrofális volt a terméskiesés, míg a jó és kiegyenlített vízgazdálkodású talajokon ez alig vagy csak mérsékelten volt megfigyelhető.

A talaj vízháztartás-szabályozása

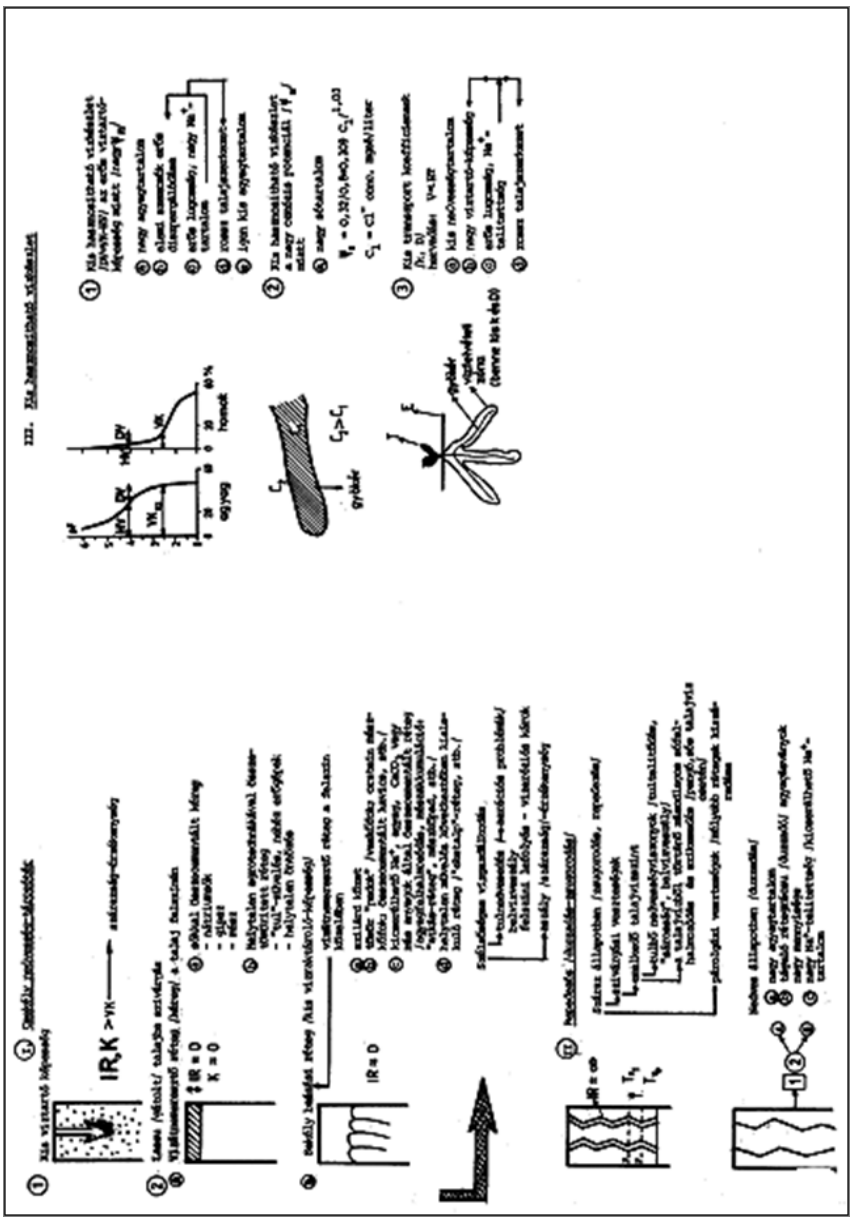
A talajfolyamatok szabályozása a korszerű talajtan egyik legfontosabb feladata, amelyre egyre inkább van szükség, de egyre inkább van lehetőség is (Várallyay, 2000, 2004, 2005a). Bár az erősödő kedvezőtlen hatások kivédése, megelőzése egyre nehezebb, mégis ki lehet és kell mondani azt az alaptételt, hogy talajkészleteink minősége, funkcióképessége, termékenysége megőrizhető, fenntartható! Sem a különböző civilizációs ártalmak, sem a talajhasználat nem vezet szükségszerűen és kivédhetetlenül talajkészleteink állapotának romlásához: hisz a talaj *megújuló* természeti erőforrás. Ez a megújulás azonban nem megy végbe automatikusan, hanem állandó és tudatos tevékenységet követel (Várallyay, 1997, 2002).

A korszerű **„fenntartható" talajhasználatban** megkülönböztetett jelentősége van a termesztési kockázatok csökkentésének, a talajvédelemnek, a szélsőséges vízháztartási és ökológiai **stressz-**helyzetek megelőzésének, kiküszöbölésének, mérséklésének. Ez a Kárpát-medence alföldi területein kétirányú vízháztartás-szabályozást tesz szükségessé (Várallyay, 2001, 2004), amelynek alaptétele nem lehet más, mint

- a talaj felszínére jutó víz talajba szivárgásának, és
- a talajban történő hasznos (a növények számára felvehető formában történő) tározásának elősegítése, illetve
- a *felesleges* vizek talajból és területről történő eltávolítása.

E célok lehetőségeit foglaltuk össze az 1. táblázatban, utalva arra, hogy a vízháztartás-szabályozási beavatkozások túlnyomó része egyben hatékony **környezetvédelmi intézkedés** is (Várallyay, 2005a).

A foganatosítandó intézkedések csak körültekintő és alapos hatáselemzések és reális prognózisok rendszerére alapozva lehetnek a kívánt mértékben céltudatosak, eredményesek és hatékonyak. Ezek ma a mezőgazdasági vízgazdálkodási és talajnedvesség-szabályozási kutatások – feltétlenül prioritásként kezelendő – legfontosabb feladatai.



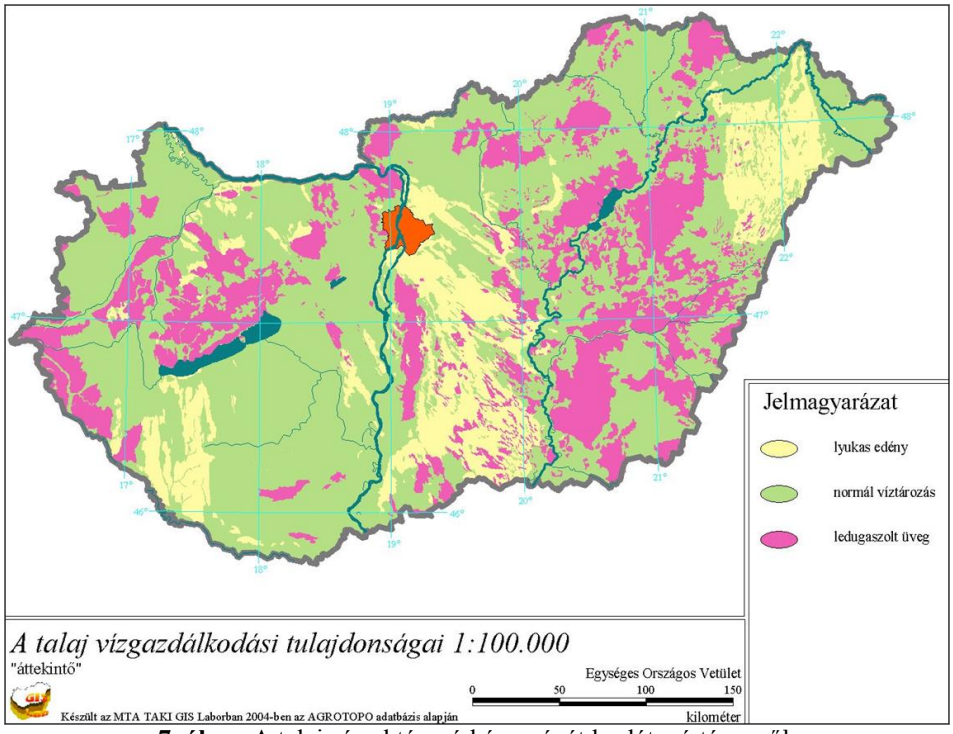
6. ábra

1. táblázat. A talajvízháztartás szabályozásának lehetősége, módszerei és környezeti hatásai

Lehetőségek		**Módszerek**	**Környezeti hatások**
Felszíni lefolyás	Meg-aka-dályo-	talajvédő gazdálkodás: beszivárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró meg-telepítése; talajművelés); beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás)	1,1a 5a, 8
Felszíni párolgás	zása vagy	beszivárgás gyorsítása (talajművelés mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása	2,4
Talajon keresztüli talajvíz-táplálás	mér-sék-	talaj víztartó-képességének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése	5b, 7
Talajvízszint emelkedés	lése	szivárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás szivattyúzás, drénezés)	2,3 5b,5c
Talajba szivárgás	elő-	felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)	1,4,5a, 7
Talajban történő hasznos tározás	segí-tése	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

2. táblázat

Kedvező környezeti hatások	**Kedvezőtlen környezeti hatások**
Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése 1. Víz okozta talajerózió; talajfolyás 2. Másodlagos szikesedés 3. Láposodás, vizenyősödés, belvízveszély 4. Aszályérzékenység, repedezés 5. Kijuttatott tápanyagok 5a. bemodósása (→ felszíni vizek eutrofizáció) 5b. kilúgzódása (→ felszín alatti vizek) 5c. immobilizációja 6. Fitotoxikus anyagok képződése 7. Biológiai degradáció 8. Árvízveszély a vízgyűjtőterületen	9. Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás-mocsarasodás) 10. Tápanyag-kilúgzódás 11. Szárazság-érzékenység



7. ábra. A talaj vízraktározó képességét korlátozó tényezők

Irodalom

Antal E., Járó Z., Somogyi S. & Várallyay Gy., 2000. A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítési földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon. MTA Földrajztud. Kut. Int. Budapest. 302 p.

Cselőtei L. & Harnos Zs. (Szerk.), 1994. Éghajlat, időjárás, aszály. I. MTA Aszálybizottság. Budapest. 129 p.

Csete L. & Várallyay Gy. (szerk.), 2004. Agroökológia. Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei. AGRO-21 Füzetek. 37. szám. 217 p.

Láng I. (szerk.), 2006. A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. KVVM–MTA „VAHAVA" Projekt összefoglalása. KVVM. Budapest.

Láng I., Csete L. & Harnos Zs., 1983. A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

Németh T. (szerk.), 2005. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. MTA TAKI. Budapest. 178 p.

Németh T., Stefanovits P. & Várallyay Gy., 2005. Talajvédelem. Országos Talajvédelmi Stratégia tudományos háttere. KVM. Budapest. 76 p.

Pálfai I., 2005. Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok. Közlekedési Dokumentációs Kft. Budapest.

Somlyódy L., 2000. A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. „Magyarország az ezredfordulón" – Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. MTA Vízgazdálkodási Tudományos Kutatócsoportja, Bpest. 370 p.

Stefanovits, P. & Michéli E. (szerk.), 2005. A talajok jelentősége a 21. században. MTA Társadalomtud. Központ. Budapest. 403 p.

Szabolcs I., 1961. A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akadémiai Kiadó. Budaepst.

Szabolcs I. & Várallyay Gy., 1978. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. 27. 181–202.

Szabó J. et al., 1999. Talajdegradációs folyamatok térképezése országos és regionális szinten térinformatikai és távérzékelési módszerek integrálásával. Agrokémia és Talajtan. 48. 3–14.

Várallyay Gy., 1985. Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan. 34. 267–298.

Várallyay, Gy., 1988. Talaj, mint a biomassza-termelés aszályérzékeny-ségének tényezője. Vízügyi Közlemények, LXX.évf. (3) 46-68.

Várallyay Gy., 1997. A talaj és funkciói. Magyar Tudomány. XLII. (12) 1414–1430.

Várallyay, Gy., 1999. A Tiszántúl talajainak kétarcú vízgazdálkodása és környezeti hatásai. DATE „Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok" Agrokémiai és Talajtani Szekció, Debrecen. 19–30.

Várallyay Gy., 2000. Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása. Székfoglalók 1995–1998. III. kötet. 1–32. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.

Várallyay Gy., 2001. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány. XLVI. (7) 799–815.

Várallyay, Gy., 2002. A talaj multifunkcionalitásának szerepe a jövő fenntartható mezőgazdaságában. Acta Agronomica Suppl. (2002. XI. 19-i Jub. ülés), Martonvásár, 13–25.

Várallyay, Gy., 2003. A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai.Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály, Budapest–Gödöllő. 167 p.

Várallyay Gy., 2004. A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. „AGRO-21" Füzetek. 37. szám 50–70.

Várallyay Gy., 2005. Talajvédelmi stratégia az EU-ban és Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. 54. (1–2) 203–216.

Várallyay Gy., 2005a. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. In: A talaj vízgazdálkodása és a környezet. (Szerk.: Németh T.) 15–30. MTA TAKI. Budapest.

Várallyay, Gy., 2005b. Magyarország talajainak vízraktározó képessége. Agrokémia és Talajtan. 54. 5–24.

Várallyay, Gy., 2006a. Soil degradation processes and extreme soil moisture regime as environmental problems in the Carpathian Basin. Agrokémia és Talajtan. 55. 9–18.

Várallyay Gy., 2006b. Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges vízháztartási helyzetek, mint környezeti problémák a Kárpát-medencében.

Várallyay Gy. et al., 1980. Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória-rendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan. 29. 77–112.

Varga-Haszonits Z. et al., 2006. Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazd. és Élelmiszertud. Kar. Mosonmagyaróvár. 410 p.

Földminősítés és talajmonitorozás

Tóth T.[1] – Németh T.[1] – Máté F.[2] – Tóth G.[1,3] – Gaál Z.[2] – Szűcs I.[4] – Makó A.[2] – Horváth E.[1] – László P.[1] – Bidló A.[5] – Dér F.[6] – Fekete M.[4] – Fábián T.[6] – Heil B.[5] – Hermann T.[2] – Kovács G.[5] – Mészáros K.[5] – Pásztor L.[1] – Patocskai Z.[5] – Speiser F.[2] – Várallyai Gy.[1] – Vass J.[2] – Vinogradov Sz.[4]

[1]Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest;
[2]Pannon Egyetem, Veszprém és Keszthely;
[3]European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy;
[4]Szent István Egyetem, Gödöllő;
[5]Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron;
[6]Kaposvári Egyetem, Kaposvár

Összefoglalás

A környezeti hatások és a jövedelmezőség figyelembe vételére a földhasználat megfelelő tervezése, szabályozása és megvalósítása folyamán különleges figyelmet kell szentelni. Egy korszerű földminősítő rendszer a talaj erőforrásainak fenntartható felhasználására irányuló döntéshozatal során is eredményesen alkalmazható. A talajminőségen alapuló földértékelés alkalmazhatóságát lényegesen javítja, ha mezőgazdasági tábla léptékben kerül kidolgozásra.

Kutatásunk során olyan ökológiai és gazdasági értékelésén alapuló földminősítő rendszer kidolgozását tűztük ki célul, amelyik eltérő földhasználati és gazdálkodási rendszerekre is alkalmazható a mezőgazdasági tábla léptékében. A produktivitás értékelése on-line GIS rendszeren keresztül történik. A termőföldet különböző művelési intenzitás alapján értékelő D-e-Meter rendszer három elérő évjárat típusra becsül földminősítő viszonyszámokat. A szántók produktivitásának meghatározásához alapul az 1:10 000 méretarányú digitális talajtérképek, kataszteri térképek, topográfiai térképek, digitális terepmodellek és a klíma információk szolgálnak. Jelenleg terjesztjük ki a produktivitás meghatározását erdőkre és gyepekre. A meghatározott földminősítő viszonyszámok alapján további gazdasági számításokat végzünk. Ennek során figyelembe vesszük a földhasználat típusát, a produktivitást, a piaci viszonyokat, a fedezeti hozzájárulást, és egyéb tényezőket is.

Kutatásunk eredményeként ökológiai szemléletű, rugalmas szerkezetű földminősítő rendszer készül el. Ez a rendszer alapot ad majd az agrártámogatásoknak a környezeti tényezőket is figyelembe vevő alakításához, a mezőgazdasági hitelbiztosítási rendszerek kidolgozásához, szélesíti a termelés- és környezetpolitika eszköztárát, és segítséget ad a gazdáknak a racionális földhasználat, a jövedelmező gazdálkodás mindennapi gyakorlatában is. Ily módon hasznos alapot nyújt a fenntartható vidékfejlesztés tervezéséhez.

Summary

An internet-based land valuation system is being developed to replace the scientifically obsolete Hungarian land valuation system, the so-called AK ("Gold Crown") ratings. The new system is supported by a GIS and it is unique in its capability of providing an up-to-date index of soil quality and land value. The geographical information is provided by national map databases on genetic soil maps and soil attributes at the scale of 1:10.000, combined with cadastral maps, digital terrain model, topographic map, orthophotos of aerial photographs and agronomic field records. The automated algorithms are easy to update, can be made legally binding and can provide a transparent system for land taxation, calculation of subsidies, appropriation. Given that detailed (1:10,000 or finer) soil map coverage will be completed for all lands of Hungary (at date only 60% of the croplands have soil maps), this way a multifunctional system will be available that promotes an optimum use of land resources.

Bevezetés

A termőföld fizikai tulajdonságai, valamint a gazdasági viszony határozzák meg az egyes parcellák optimális használatát. Ezért a helytelenül megválasztott földhasználat és a jövedelmezőség nem megfelelő értékelése korlátozza a mezőgazdaság fenntartható fejlesztését. A földértékelés elvileg olyan információt is szolgáltathat, amely a termőföld használatának számos szakaszában (beleértve a tenyészidőszak alatti rutindöntéseket is) felhasználható (Burrough 1987), ezenkívül támpontot ad a hivatali ügyintézésben is (támogatás, adóztatás, csere, vásárlás).

A jelenlegi "aranykorona" (AK) rendszer nem csupán elavult, de már létrehozásakor is számos hibával volt terhes. A több mint 130 éves múlttal rendelkező, pusztán közgazdasági hozadéki alapú rendszer felváltása már régóta időszerű. Olyan új mutató bevezetésére van szükség, mely nemcsak helyettesíti az AK-t, hanem a fenntartható fejlődést elősegítve komplex alapját is szolgáltatja a földértékelésnek.

Habár voltak sokat ígérő próbálkozások az aranykorona felváltására, mint például a "száz-pontos" földértékelési rendszer (Fórizs et al. 1971), a felváltásig soha nem jutottak el.

Napjainkban, a digitális technikák kínálta lehetőségek fényében olyan rendszert építhetünk, mely képes valósidejű online számításokat végezni egy komplex indikátorérték felállítására, mint ahogyan Lemmens és Kurm (2000) észt területek értékelésénél be is mutatták.

Ezért a D-*e*-Meter projekt után, ami egy tudományos alapokon nyugvó földminőségi paraméter ("Földminőség" - Rossiter értelmezésében 1996) (Gaál et al. 2003) meghatározásának algoritmusát volt hivatott megállapítani, egy új projekt indult el a föld értékének meghatározásához szükséges módszer kifejlesztésére. Az új rendszer alapját az 1:10.000-es méretarányú genetikus

talajtérképek és a talajtulajdonságokat leíró információk adják, melyek jelenleg az ország szántóföldi területeinek 60 %-ára érhetők el.

Jelen projekt célja a termelés helyrajzi számmal azonosított kataszteri egységeire, a parcellákra (szántó, erdő, legelő) összegyűjtött adatok multifunkcionális megközelítéssel történő felhasználása, segítvén a gazdákat a döntéshozatalban, illetve, hogy korszerű módszert biztosítson a földértékeléshez. Ez a termelés gazdasági tényezőivel, talajtulajdonságokkal, illetve mezőgazdasági terepi- és laborjegyzőkönyvekkel rendszeresen aktualizált Földrajzi Információs Rendszerek (GIS) segítségével valósítható meg. Az Internet-alapú algoritmus használatával megfelelő jogosítvány esetén nem csupán a gazdák, a szaktanácsadók, hanem a hatóságok, bankárok, ügyintézők, illetve a politikusok is hozzáférhetnek az adatbázis egyes részleteihez.

Anyag és módszer

A D-*e*-Meter projekt keretében az Internet-alapú talajminőségi értékszám kifejlesztéséhez három fő adatbázist használtunk:

1. AIIR adatbázist, a gazdaságok 1985. és 1989. között gyűjtött mezőgazdasági táblatörzskönyvi adatinak statisztikai értékelésével, mely adatok 80.000 parcelláról származnak, ami közel 4 millió hektárnyi szántót jelent évente.

Az adatbázis a következő információkat tartalmazza:

- azonosításhoz szükséges alapadatok (Hely, méret, lejtés, kitettség, meteorológiai körzet, AK érték, stb.);
- labor adatok (pH, textúra, szervesanyag-, N, K, P tartalom);
- táblatörzskönyvek adatai (termesztett növény, vetésforgó, hozam, kiszórt mű- ill. szerves trágya mennyiség).

2. A hosszútávú tartamkísérletekből kapott adatok statisztikai értékelése (Magyar et al. 2002). Ezen adatok kilenc különböző agrogeológiai régióban lévő, ugyanazon trágyázási paraméterekkel rendelkező területek hosszútávú tartamkísérleteiből származnak (Bircsák & Németh 2002).

3. A mintaterületi adatok a vetésforgó és talajművelés hozamot befolyásoló hatásairól (Gaál et al. 2003).

A D-*e*-Meter pontérték kiszámításának öt lépése a következők szerint alakul:

1. lépés: Alappont kalkuláció: a) a magyar genetikus talajosztályozási rendszer minden talajaltípusára (Szabolcs 1966), ezen belül b) a fontos haszonnövényekre, c) a talaj vízellátottsága, d) a művelési intenzitás (extenzív/intenzív) szerint mindegyik e) meteorológiai régióra és f) három évjárattípusra (száraz, átlagos, kedvező) megadva.

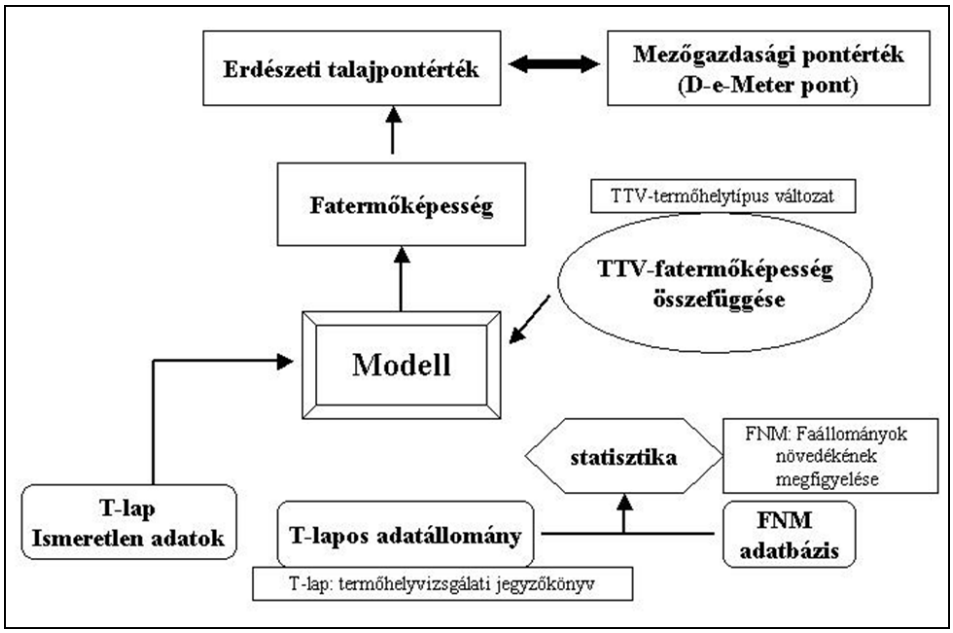
2. lépés: Korrekció a talajtulajdonságok (textúra-, szervesanyag tartalom-, pH-, alapkőzet kategória) szerint.
3. lépés: Korrekció a különböző szintű tápanyag-ellátottság szerint.
4. lépés: Korrekció a kitettség és lejtés szerint.
5. lépés: Korrekció az elővetemény hatásával.

Eredmények és értékelés

A "Földminőség, földérték és fenntartható földhasználat az európai uniós adottságok között" projekt keretében a földminősítés a D-*e*-Meter talajminőségi pontérték számításához hasonlóan történik, de jelen esetben a kalkuláció az erdő- és gyepterületekre is kiterjed. A projekt fő célkitűzése egy olyan végső közgazdasági mutató (földérték) kidolgozása, amely az adott terület minőségén kívül annak közgazdasági értékéről is információt szolgáltat.

Az értékszám megalkotásának és szemléltetésének eszközei az adatbázissal összekapcsolt Földrajzi Információs Rendszerek (GIS) lehetnek (Vass et al. 2003). Az Internet-alapú rendszer adatbázis-egysége folyamatosan frissített adatokat tartalmaz a következőkről: talajművelés, talajjavítás, terméshozam csökkenés (aszály, vadkár, stb.), műtrágyázás, illetve növényvédelemi eljárások. A Földrajzi Információs Rendszerben a területek három szinten, kataszteri egység, genetikus talajtérképi egység és gazdák (tulajdonos/bérlő), kerülnek azonosításra.

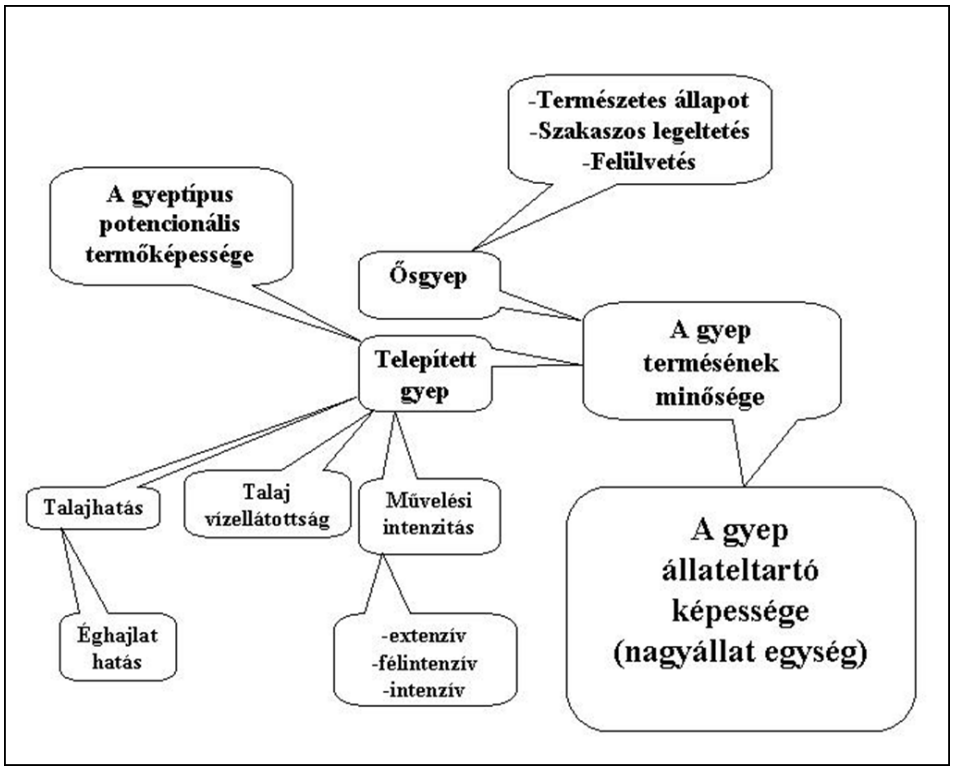
Az új projekt meghatározó lépése volt a az erdőtalajok- (1. ábra) és gyeptalajok (2. ábra) talajértékszám-kalkulációs tervének kidolgozása. Mindkét mutató a föld termékenységén alapul, figyelembe véve a szakmai hagyományokat az erdők és a gyepek esetén is. Az érték megállapítása szoros hasonlóságot mutat a D-*e*-Meter pontérték számításának alapelvével, mivel a "fatermőképesség" megállapítása itt is a (fa)hozam alapján történik, szintén adott fafajra vonatkoztatva (pl.: bükk). Erdők esetében kedvező, hogy a faállományok növedékét rendszeresen felmérik és erről részletes talajleírást is tartalmazó adatbázist állítottak össze (FNM) (Bidló et al. 2003). A talajaltípusok és (fa)hozam közti összefüggés vizsgálatára az adatbázis az AIIR-al analóg módon használható.



1. ábra. A talajminőség számítása erdőtalajokra

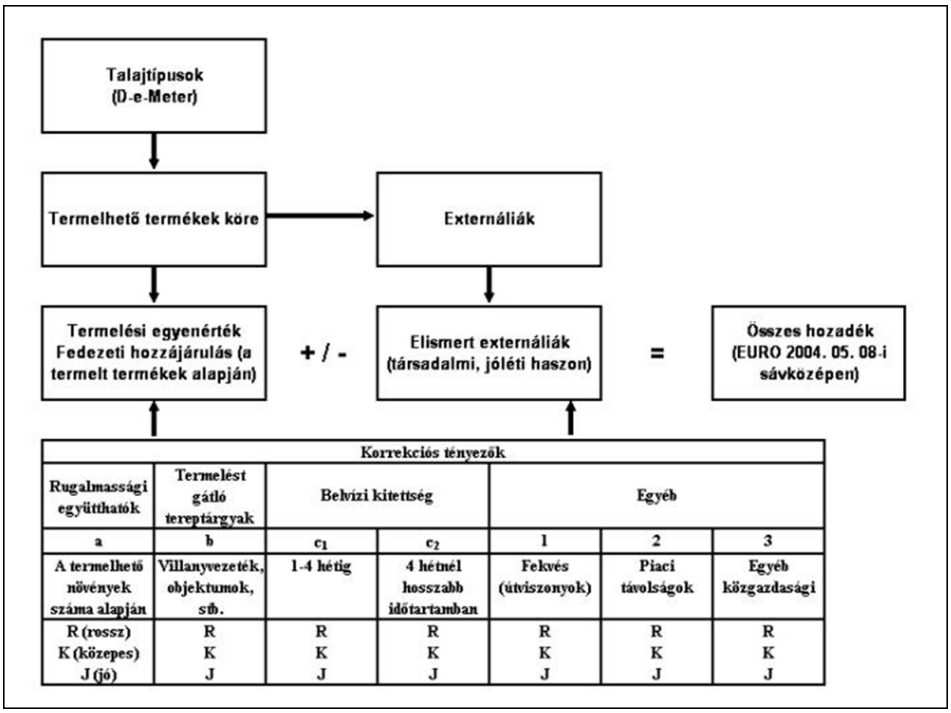
A gyepterületekre a kisebb gazdasági hasznuk következtében sokkal kevesebb adat áll rendelkezésre. Ez esetben a leginkább meghatározó paraméter a gyep állateltartó képessége (Dér et al. 2003), nagyállat egységre vonatkoztatva, számítása a fent említett két talajértékszámhoz hasonlóan történik. Nehézséget okozhat a gyepterületek természetességi fokának széles skálája (természetes állapot, szakaszos legeltetés, felülvetés) (2. ábra). Az értékelést segíti a Vinczeffy (1993) által Magyarország gyepterületeire összeállított adatbázis, amely domináns fajok szerint (pl.: *Festuca pratensis*), adja meg a gyep termését.

A föld értékét a D-*e*-Meter értékszám alapján számítjuk ki az egyes parcellákra (3. ábra). A föld értékét befolyásoló egyéb tényezőket vagy egy adatbázis szolgáltatja bemenő adatként vagy már rendelkezésre álló térinformatikai fedvényből kerülnek kiszámolásra. A „Termelhető termékek (haszonnövények) köre" egy adott talajaltípuson elért átlagos terméshozamok alapján számítható. A „Termelést gátló tereptárgyak" topográfiai térképekről származtathatók épp úgy, mint a „Piaci távolságok" és „Fekvés". A „Belvízi kitettség" a digitális terepmodellből automatikus algoritmussal számítható.

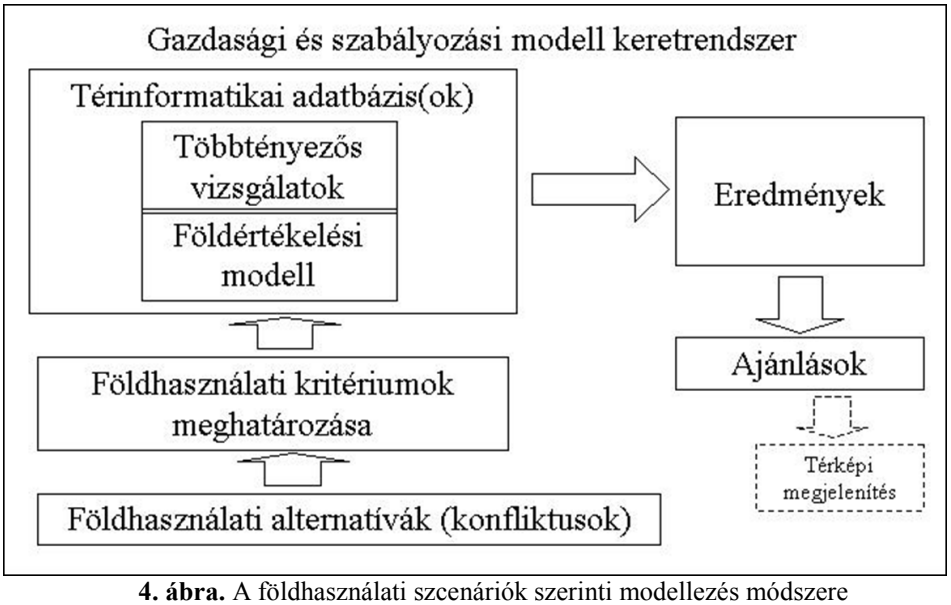


2. ábra. A gyep termésének számítása

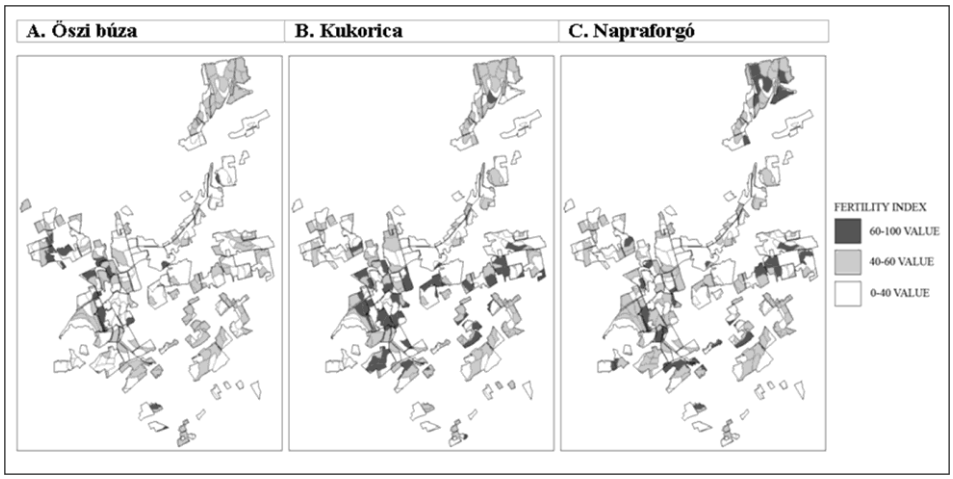
A bemutatott módszertani kutatások mellett az adatbázis kifejlesztése két fő célkitűzést szem előtt tartva folyik: egyrészt részletes adatokat biztosít ahhoz, hogy a talaj tulajdonságok és a szántóföldi növények termése, illetve az erdők „fatermőképessége", avagy a gyep „állateltartó képessége" közötti összefüggést modellezzük, másrészt kísérleti adatbázist (hardver és szoftver) állítunk elő a földértékelési rendszer tesztelésére. Egy párhuzamosan folyó kapcsolódó kutatási program ((AKF-2004-3.1.1.) amely a D-*e*-Meter talajértékszám alkalmazásának regionális bevezetése lehetőséget nyújt arra, hogy az érdeklődő Zala-megyei gazdákat megtaláljuk, és a kísérleti rendszert kiépíthessük.



3. ábra. A föld pontértékének számítása



4. ábra. A földhasználati szcenáriók szerinti modellezés módszere



5. ábra. A kővágóörsi mintaterület parcelláinak termékenységi értékszáma (fertility index) a haszonnövények szerint

A rendszer egyik fő végterméke a lehetséges földhasználati alternatívák értékelő összehasonlítása lesz (4. ábra). Az aktuális növénytermesztési feltételek között optimális földhasználatra vonatkozó javaslat térképen lesz megjelenítve. Az alternatív földhasználati szcenáriók a legjelentősebb földhasználatok esetére készülnek el, mint a szántók (az ország területének 52 %-a), erdők (20 %) és gyepek (11 %). Mivel a települések és utak területe az ország összes területének nem több mint 10 %-át teszi ki, csupán a terület mintegy 7%-án (nádasok, gyümölcsösök, szőlők, stb.) nem lesz használható a földértékelés. A rendszer lehetőséget nyújt a földhasználati alternatívák (szántóból erdőt, stb.) és haszonnövény váltás értékelésére. Az egyes földhasználati típusok végső értékelése minden egyes adminisztratív szinten lehetséges lesz a helyrajzi számmal azonosított kataszteri egységtől kezdve az országos szintig.

Az 5. ábra szemlélteti, hogy az Internet-alapú rendszer miként segít a földhasználat tervezésében. A három különböző haszonnövényre számolt talajértékszám alapján három termékenységi tartományt (0-40; 40-60; 60-100) különböztetünk meg. Magasabb talajértékszám jobb minőségű talajt jelez. Mindhárom növénynél (őszi búza, kukorica, napraforgó) a legsötétebb színek jelölik a legtermékenyebb területeket (5. ábra). A bemutatott, illetve ehhez hasonló térképek felhasználása az agrárgazdálkodás számára egyértelmű, mert a térben számszerűleg mutatja, hogy az adott területen mely haszonnövény termesztése optimális.

A kidolgozás alatt álló földértékelési rendszer széleskörű szakmai támogatást kapott és kap folyamatosan a hazai mezőgazdasági termelés, szaktanácsadók, kutatás részéről.

Összefoglalás

A földértékelésben egy új szemléletű, a mezőgazdaságban időközben bekövetkezett globális változások hatásával is számoló, Internet-alapú integrált rendszer kidolgozása vált szükségessé a tudományos szempontból már elavult aranykorona rendszer helyett. Az új rendszer térinformatikai alapokon nyugszik, a környezeti tulajdonságok számszerűsítésével biztosít naprakész, pontos információt a földek minőségéről, mindenki számára elérhető és összehasonlítható módon. Ehhez a térképi információt az 1:10.000-es méretarányú genetikus talajtérképek és talajkartogramok szolgáltatják kataszteri térképekkel, digitális terepmodellel, topográfiai térképpel, a terület ortofotóival illetve terepi- és laborjegyzőkönyvekkel kiegészítve. A már kidolgozott és kidolgozás alatt lévő automatizált földminősítő és földértékelő algoritmusokat könnyű aktualizálni, azok jogszabállyal bevezethetők, az adózás, támogatások és kisajátítás esetén is fontos információt szolgáltatnak. Egy, az egész ország területét lefedő 1:10.000-es méretarányú vagy ennél még részletesebb talajtérképi adatbázis birtokában egy multifunkcionális intelligens környezeti földminősítési rendszer vezethető be.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munka a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Program OM-4/015/2004 NKFP valamint a GVOP (AKF) –2004-3.1.1. támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

BIDLÓ A. et al., 2003. A magyarországi erdészeti termőhely-osztályozás és ennek problémái. c (Szerk.: GAÁL Z., MÁTÉ F. & TÓTH G.) 115–124. Veszprémi Egyetem. Keszthely.

BIRCSÁK É. & NÉMETH T., 2002. Nitrate-N in the soil profiles of long-term field experiments. Agrokémia és Talajtan. 51. 139–146.

BURROUGH, P. A., 1987. Mapping and map analysis: new tools for land evaluation. Soil Use & Management. 3. 20–25.

DÉR F. et al., 2003. Termőhelyi minősítés a gyepgazdálkodásban. Földminősítés és földhasználati információ. (Szerk.: GAÁL Z., MÁTÉ F. & TÓTH G.) 125–130. Veszprémi Egyetem. Keszthely.

FÓRIZS J., MÁTÉ F. & STEFANOVITS P., 1971. Talajbonitáció-földértékelés. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 30. (3) 359–378.

GAÁL Z., MÁTÉ F. & TÓTH G. (Szerk.), 2003. Földminősítés és földhasználati információ. Veszprémi Egyetem. Keszthely.

LEMMENS, M. J. P. M. & KURM, J., 2000. Integrating GIS with a Land Valuation Information System: some non-technical considerations for the Estonian case. In: Proc. UDMS 2000, 22nd Urban Data Management Symposium, Delft. (Ed.: FENDEL, E. M.) IX. 15–23.

MAGYAR M. et al., 2002. Correlations among different P-test methods studied in a network of Hungarian P fertilization long-term field trials. Agrokémia és Talajtan. 51. 167–176.

ROSSITER, D. G., 1996. A theoretical framework for land evaluation. Geoderma. 72. 165–202

SZABOLCS I., 1966. A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. OMMI. Budapest.

VASS J. et al., 2003. A D-*e*-Meter internet bázisú földminősítési rendszer információs technológiája. (Szerk.: GAÁL Z., MÁTÉ F. & TÓTH G.) 57–77. Veszprémi Egyetem. Keszthely.

VINCZEFFY I., 1993. Legelő és gyepgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

A mezőgazdasági és az erdészeti talajosztályozás egységesítése a föld- illetve termőhelyérték megállapítása érdekében

Patocskai Zoltán[2] – Rajkai Kálmán[1] – Bidló András[2]
– Heil Bálint[2] – Kovács Gábor[2]
[1]Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest;
[2]Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, abidlo@emk.nyme.hu

Összefoglalás

Az elmúlt és a következő évtizedekben, a jelenlegi tervek szerint, Magyarországon jelentős szántóföldi területek kerülnek ki a használatból. Az erdő és a mezőgazdasági művelés mellett – harmadik földhasználati ágként – a gyephasznosítás lehetséges. Felmerül a kérdés mely területeken milyen gazdálkodási módot érdemes alkalmazni. Az összehasonlítás lehetőségének tudományos megalapozására egy egységes termőhely/talaj leírás szempontrendszert alakítottunk ki.

Minthogy a gyephasznosítás szempontrendszere nem különül el a mezőgazdaságtól, munkánk során a döntések megalapozása érdekében a mezőgazdasági és az erdészeti talaj, illetve termőhely osztályozást vetettük össze, illetve egységesítettük. Célunk az volt, hogy egy adott területen a talaj-felvételezés elvégzése után, - annak adatai alapján - lehetőség legyen a terület mezőgazdasági célú, illetve erdészeti célú besorolása. Kiindulásul a jelenleg érvényes mezőgazdasági és erdészeti osztályozási rendszert használtuk.

Summary

In the last and in the following decades, according to the plans of the government, a significant amount of agricultural areas in Hungary will get out of cultivation. Among forestry and agriculture, the third possible form of land utilization is grassland. The question is, which of these land use forms should be chosen. To ensure a method for proper comparison, we developed an integrated site/soil description methodology.

As the land use as grassland is not separated from the agricultural use, we decided to harmonize the agricultural and forestry site and soil evaluation systems. The main aim was to ensure with this system, that after the investigation of the soil properties, the decision between agricultural and forestry use can be made.

Bevezetés

A mezőgazdasági földminősítés célja a mezőgazdasági tábla szántóföldi művelésben várható növénytermésének a megadása. A növényre vonatkozó földminősítést a közelmúltban kidolgozott D-e-Meter rendszer (GAÁL et al. 2002) a talaj termőhelyi tulajdonságai, valamint az 1970-es évektől nyilvántartott növénytermesztési és agrotechnikai eredményei alapján adja meg (DEBRECZENINÉ et al. 2003). Az erdészeti termőhely értékelés célja a

termőhelyi feltételeknek leginkább megfelelő fafajok megválasztása és telepítésre javasolása (SZODFRIDT 1993). A mező-, az erdő- és a gyepgazdálkodásban (HORN és STEFLER 1990) használt értékelési rendszer korszerűsítését a közeljövőben a belterjes szántó művelésből kivonásra kerülő, és feltételezhetően zömmel erdő- és gyepterületként hasznosuló - mintegy 0.5-1 millió hektár (ÁNGYÁN et al. 1997) – jelentős terület ésszerű hasznosítása teszi szükségessé. Minthogy a mezőgazdasági, az erdészeti és a gyepterületi minősítés szempontjai eltérnek termőhelyleírásuk is különböző. A közeljövőben várható jelentős földhasználatbeli változások azonban - a leginkább racionális használat kijelölése érdekében - szükségessé teszik a földterület szántó, erdő- és gyepterületi hasznosítású minősítését.

A mindhárom földhasználatra vonatkozó földminősítés a mezőgazdasági, az erdészeti és a gyepgazdálkodási termőhelyleírás egységesítésével valósítható meg. Korábban készültek tanulmányok a mezőgazdasági talajértékelési rendszer erdészeti adaptálására (BIDLÓ et al. 2003; FÜHRER és JÁRÓ 2005), melyek rámutattak, hogy nem valósíthatóak meg egyszerűen az egyes rendszerek megfeleltetése az eltérő művelési ágak esetében. Minthogy a gyepminősítés termőhelyi kritériumai és mutatói teljes egészében megtalálhatók a mezőgazdasági talaj illetve termőhelyleírásban, a mezőgazdasági és az erdészeti talaj illetve termőhelyleírás egységesítése a feladat, amelynek első közelítésű javaslatát ismertetjük.

Annak érdekében, hogy a talajfelvétel mind a mező- és gyepgazdálkodási, mind az erdészeti termőhelyi besorolást lehetővé tegye azok kategóriáit, mutatóit egységesítettük, dolgoztuk össze vagy egészítettük ki. Az elnevezéseket igyekeztünk megtartani. Az azonos jelentésű, de eltérő megnevezésű kategóriának azonban esetenként új nevet is javasoltunk.

Anyag és módszer

A mezőgazdasági talaj illetve termőhelyleírás, talajfelvételi jegyzőkönyvkészítés módszertana az „Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához (‘88 melléklet)” Agroinform (1989) kiadványban található meg. Az erdészeti termőhelyleírás az „Útmutató az erdőállomány-gazdálkodási tervek (erdőtervek) készítéséhez”, Állami Erdészeti Szolgálat (2001) kiadványában szerepel. A mezőgazdasági talajleírás helyszíni vizsgálati jegyzőkönyvből és laboratóriumi vizsgálati eredményekből áll. Az erdészeti gyakorlatban a termőhelyleírás a T-lapból (termőhely leíró lap) és a vizsgálati eredményeket tartalmazó táblázatból tevődik össze.

A talaj illetve a termőhelyleírás részletességének növelése és módszerességének elmélyítése érdekében igyekeztünk a lehető legtöbb leírási szempontot megtartani. A munka elvégzésénél abból indultunk ki, hogy az egységesített osztályozási rendszer mindazon információkat tartalmazza, ami a

két rendszerben külön-külön szerepelt. A terepi felvételi adatok tartalmazzák mindazon információkat, amely a további mezőgazdasági, erdészeti és gyep besoroláshoz szükséges. További célunk az volt, hogy lehetőleg ne alkossunk új kategóriákat. Jelentősen leegyszerűsítettük az alapkőzet, illetve kibővítettük – az erdészeti osztályozásba már korábban bekerült – mesterséges talajképződmények típusait.

A talajjellemzők súlyozásában a földminősítés kritériumainak a figyelembe vétele is szándékunkban állt, azonban ettől - a földminősítési rendszer még nem minden tekintetben végleges volta miatt - eltekintettünk. A környezeti hatások és a termelési kockázat földminősítési hatásainak becsléséhez a talajleírásban használt kategóriák számának a növelését, azaz mind több részletre kiterjedő felosztását tartjuk hasznosíthatónak. A termőhelyleírás egyes részeit külön-külön tárgyaltuk.

Eredmények

Az egységesített vizsgálati jegyzőkönyvbe az „Azonosító adatok", „Általános adatok"és a „Szelvény morfológiai leírása (helyszíni talajvizsgálat)" felosztást vettük át.

A helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyv *azonosító adatok* rovatában fel kell jegyezni minden olyan adatot, amely a talajszelvény azonosítására, a vizsgálat idejére vonatkozik. Az egységesítetett jegyzőkönyvön fel kell tüntetni az eddig alkalmazott adatokon kívül a községhatárt is a megyekód mellett, valamint az erdészeti ingatlan-nyilvántartásban alkalmazott tag és részlet adatokat. Valamint a talajszelvény EOV rendszerbeli GPS koordinátái (GPS X, GPS Y) mellett újdonságként a tengerszintfeletti magasságot is meg kell adni m-ben, és jelölni a jegyzőkönyvön.

A *talajvízszint mélységét* (cm) nemcsak az átlagos és legmagasabb értékekkel kell jellemezni, hanem fel kell tüntetni az aktuális (mintavétel időpontjában) tapasztalt mélységet is.

Az *általános adatok* rovatban megtalálható kategóriák közül a *talajszelvény környékének terepadottságai* esetében a mezőgazdasági beosztást fogadtuk el és építettük be az egységesített rendszerbe.

A *domborzati adottságok* jellemzésénél meg kell határozni a talajszelvény körüli terület terepadottságait, a talajszelvény helyét a domborzati elemeken, a lejtésszázalékot (lejtési viszonyokat), a lejtés irányát, a kitettséget, az erodáltságot és a defláció veszélyeztetettségét.

A *lejtés a fekvés és a kitettség* osztályozásai az egyes rendszerekben eltérőek. Fekvés és kitettség esetében a részletesebb és teljesebb erdészeti felosztást tartottuk hasznosnak, mivel az erdészeti gyakorlat az árterekre is kiterjed. Ártéri fekvésű területeken 5 kategóriát, nem ártér esetén 10 kategóriát különböztettünk meg.

A *lejtéskategóriákat* nem vettük figyelembe, hanem egységesen fokos pontosságú meghatározást írtunk elő.

A *domborzat* esetében 9 kategóriát alkottunk (1. táblázat).

1. táblázat. A domborzati kategóriák egységesítése

Mezőgazdasági osztályozás	***Erdészeti osztályozás***	***Javasolt egységes osztályozás***
LFH Lejtő felső harmada *LK Lejtő közepe* *LAH Lejtő alsó harmada* *LP Lejtő pihenő* *MKM Mikromélyedés* *MKMG Mikromagaslat* *P Plató* *V Völgy*	*1 Sík (lapály)* *2 Árok, vízmosás, szurdok, vápa* *3 Mélyedés, teknő, töbör* *4 Völgy, hegyláb, buckaköz* *5 Hegy-, domb-, buckaoldal* *6 Hegy-, domb-, buckatető, hegyhát, gerinc* *7 Fennsík* *8 Lejtőpihenő* *9 Változó*	*1 Sík (lapály)* *2 Árok, vízmosás, szurdok, vápa* *3 Mélyedés, teknő, töbör* *4 Völgy, hegyláb, buckaköz* *5 Hegy-, domb-, buckaoldal (lejtő)* *5.Lejtő felső harmada* *5.B Lejtő közepe* *5.C Lejtő alsó harmada* *6 Hegy-, domb-, buckatető, hegyhát* *7 Fennsík / Plató* *8 Lejtőpihenő* *9 Változó*

A *hidrológiai viszonyokat* az erdészeti felosztás külön kezeli - ilyen kategória a mezőgazdasági talajleírás nem tartalmazott – bár az, az erdészeti gyakorlatban alkalmazott termőhelytípus egyik alkotóeleme (JÁRÓ in DANSZKY 1972). A termőhely hidrológiai viszonyait a többlet vizek jelenléte vagy hiánya határozza meg. Hidrológiai tényezők között tartjuk számon azokat a vízfelvételi forrásokat, amelyek a növényzet számára a csapadékon kívül és a talajnak ebből a gravitációval szemben visszatartott mennyiségén túl rendelkezésre állnak (talajvíz, szivárgó vizek, árterek kiöntései, összefutó vizek).

A magyarországi erdőállományok növekedésének egyik legfontosabb tényezője a vízellátottság. Hazánk területének egy részén zárt, őshonos fafajokból álló erdőállományok létrejöttéhez nem elegendő a csapadék. Ezen területeken kiemelkedő szerepük van a hidrológiai viszonyoknak. A talajvíz mélységi elhelyezkedése azonban többé-kevésbé megfeleltethető a hidrológiai kategóriáknak. A kódrovatba az áprilisi talajvízszint mélységét kell beírni cm-ben. A szivárgó vizű és a változó hidrológiájú kategóriákat azonban megtartottuk, mert nélkülözhetetlen az erdészeti gyakorlat számára, bár ezekhez talajvízszint mélységet rendelni nem tudunk.

A vizsgálatra előkészített talajszelvényben első feladat a talaj rétegzettségének megfigyelése, a talajszelvény szintjeinek (rétegeinek) elhatárolása, megnevezése és leírása. Ez a munka a talajszelvény morfológiai

leírásának fontos mozzanata. A genetikai szinteket az ABC nagybetűivel és index-betűkkel, a talajrétegeket pedig számjelzéssel kell jelölni.

A humuszos rétegnek nevezzük az egyenletesen elhumuszosodott, vagy enyhén csökkenő humusztartalmú réteg vastagságát. A *humuszformák* helyszíni meghatározása kategóriát az erdészeti rendszer tartalmazta. Itt az eddigi 3 kategóriát (nyershumusz, móder, mull) egy negyedikkel (nincs avartakaró) egészítettük ki és véglegesítettük. A *humuszvastagság* kategóriát az erdészeti rendszerből vettük át, és ebben az esetben, a kódrovatban a meghatározott humuszforma vastagságát kell beírni cm-ben. A *humuszosság mértéke* kategóriát csak az erdészeti leírás tartalmazta. Itt 5 féle humuszosság kategória került leírásra. Ezt építettük be az egységes rendszerünkbe.

A talajok mechanikai összetétele, mely a talajok textúráját, szövetét jellemzi, a benne lévő elemi részecskék nagyságától és mennyiségétől függ. Mind a fizikai féleség, mind pedig a talajképző kőzet milyensége jelentős segítséget nyújt a genetikai talajtípus, a termőréteg-vastagság stb. megállapításához. A *fizikai talajféleség* kategóriák nem feleltek meg teljes egészében egymásnak. Az erdészeti talajleírás rendszerén belül 11 különböző fizikai féleséget határoltak el egymástól, a mezőgazdasági 9-el szemben. Az erdészeti a törmelék és az agyagos homok és homokos agyag kategóriákat is használja. Tapasztalatunk szerint ennek egyszerűsödnie kell, ezért az egységesített rendszerben 9 kategóriát építettünk be. (2. táblázat)

2. táblázat. A talajok fizikai féleség kategóriáinak egységesítése

Mezőgazdasági osztályozás	***Erdészeti osztályozás***	***Javasolt egységes osztályozás***
1 Durva homok	*Törmelék*	*1 Durva homok*
2 Homok	*Durva homok*	*2 Homok*
3 Homokos vályog	*Homok*	*3 Homokos vályog*
4 Vályog	*Homokos vályog*	*4 Vályog*
5 Agyagos vályog	*Vályog*	*5 Agyagos vályog*
6 Agyag	*Agyagos vályog*	*6 Agyag*
7 Nehéz agyag	*Agyag*	*7 Nehéz agyag*
8 kotu, tőzeg	*Agyagos homok*	*8 Kotu, tőzeg*
9 durva vázrészek (kő, kavics)	*Homokos agyag*	*9 Durva vázrészek, törmelék (kő, kavics)*
	Nehéz agyag	
	Kotu, tőzeg	

Az *erózió és defláció* kategóriáknál a két rendszer nagy különbségeket mutat. Mivel ebben az esetben a mezőgazdasági rendszer részletesebb, és ezért pontosabb leírást tesz lehetővé, tehát ezt vettük át. Így 8 kategóriában %-os értékekkel lehet jellemezni az erózió és defláció mértékét.

A talaj egyes szintjeinek *színét* a Munsell-színskála segítségével kell megadni, a felvétel nedvességállapotában és benedvesítés után a helyszínen. Természetesen szükség esetén a laborban a száraz szín is megadható.

A talaj mechanikai összetételét (fizikai féleségét) a szántott rétegre és a talajszelvény minden rétegére meg kell adni.

A talajok elemi részeinek (mechanikai frakciók) a talajok jelentős hányadánál természetes állapotban nem külön-külön fordulnak elő, hanem a talaj szerves és ásványi kolloidjaival összeragasztva, sajátságos képződményeket, aggregátumokat, ún.: szerkezeti elemeket alkotva jelennek meg. A szerkezeti elemek fejlettsége, kifejezettsége, alakja, nagysága és állandósága jellemző a talajképződési folyamatokra, tehát fontos típusbélyeg. A *talajok szerkezetének* leírása különbözik az egyes rendszerekben. Itt a mezőgazdasági leírás kategóriáit vettük alapul az egységesítés során, mert részletesebb. Így a morzsás, a poliéderes, a szemcsés, és prizmás kategóriák mellé bekerült az aprómorzsás, apró-poliéderes, apróprizmás, és aprószemcsés kategória is. A *szerkezetesség mértékének* megítélésében a mezőgazdasági leírást vettük át.

A *tömődöttség* leírásánál az erdészeti gyakorlatot fogadtuk el, így tömődöttség mentes (laza), közepesen-, erősen tömődött, ill. cementálódott kategóriákat találtuk az alkalmasabbnak.

A *talajnedvesség* kategóriáit a mezőgazdasági leírás tartalmazta, ilyet az erdészeti leírás nem használ. Ezek alapján a száraz, friss, nyirkos, nedves, sáros kategóriák kerültek az egységesített rendszerbe.

A *talaj mésztartalmának* helyszíni meghatározásánál használt elnevezések esetében az erdészeti gyakorlatot követtük, mert a mezőgazdasági leírás 6 kategóriája helyett 5 kategóriában összefoglalható az egyes talajtulajdonság.

A *talaj kémhatás* szerinti értékelése a helyszíni vizsgálatoknál csak tájékoztató jellegű. Választ ad arra, hogy a vizsgált talajszelvény genetikai szintje, vagy rétege savanyú, semleges, vagy lúgos kémhatású. A leíráshoz használt pH tartományokat az erdészeti gyakorlatból vettük át.

A helyszíni *fenolftalein lúgosság* vizsgálatot csak esetenként kell elvégezni. Ezeket a kategóriákat a mezőgazdasági gyakorlatból vettük át, amely 4 kategóriát különít el a fenolftalein színe alapján: nincs elszíneződés, gyenge (rózsaszín), közepes (rózsaszín), erős (lilarózsaszín).

Talajhibának minősül minden olyan geológiai vagy hidrológiai eredetű okokra, vagy a talajfejlődés során pedogén vagy biogén folyamatok hatására visszavezethető talajtulajdonság vagy diagnosztikai bélyeg, amely a növényzet és a növényi gyökérzet optimális elhelyezkedését és fejlődését, valamint a tápanyag-felvételi viszonyokat károsan befolyásolja. A *talajhibák* megítélésének leírásához mindkettő rendszerből vettünk át kategóriákat, és így 11 kategóriát építettünk be az egységes rendszerbe (3. táblázat).

A talajszelvény leírásánál mindig fel kell jegyezni a növényi gyökerek mennyiségét és mélységbeli elhelyezkedését, eloszlását, valamint az előforduló gyökérzet állapotát. A gyökérzet állapotából következtetni lehet az előforduló talajhibákra is. A *gyökér mennyiségének* leírásához a mezőgazdasági kategóriákat vettük át, mert így részletesebben végezhetjük el a leírást.

A *genetikai szintek átmenetének* leírását a két rendszer másképp ítéli meg, és mivel a mezőgazdasági leírás részletesebb, ezért ezt javasoljuk az egységes rendszerben.

3. táblázat. A talajhibák egységesítése

Mezőgazdasági osztályozás	***Erdészeti osztályozás***	***Javasolt egységes osztályozás***
Nincs talajhiba *Tömör kőzet* *Kőzettörmelék, kavicsréteg* *Laza kavics, murva, durva homok* *Cementált kavics, murva, homokkő* *Mészkőpad, padka* *Vaskőfok, babérc, gyepvasérc* *Glejes réteg (talajvíz közelsége)* *Mészfelhalmozódás* *Szikesség*	*KR Kedvezőtlen rétegződés (durva homok, kavicsréteg)* *MF Kedvezőtlen mészfelhalmozódás* *MP Mészkőpad, tavimész réteg, mészkonkréció* *VP Vaskőpad, vaskőfok, gyepvasérc* *HP Homokkőpad* *SZ Szikes, szódás réteg* *GL Kedvezőtlen glej, pszeudoglej* *KA Kötött, nehéz agyagréteg* *TR Tömött réteg*	*Nincs talajhiba 1* *Tömör kőzet réteg 2/TR* *Kőzettörmelék, kavicsréteg 3* *Laza kavics, murva, durva homok4/KR* *Cementált kavics, murva, homokkő 5/HP* *Mészkőpad, padka 6/MP* *Vaskőfok, babérc, gyepvasérc 7/VP* *Glejes réteg (talajvíz közelsége) 8/GL* *Mészfelhalmozódás 9/MF* *Szikesség, szikes szódás réteg10/SZ* *Kötött, nehéz agyagréteg 11/KA*

A *kiválások* és a *kiválások formája és mennyiségének* megítéléséhez a mezőgazdasági rendszer által használt kategóriákat javasoljuk átvenni, mivel ezek részletesebb és konkrétabb leírást tesznek lehetővé.

A mezőgazdasági rendszer 56 különböző *alapkőzet* elkülönítését tette lehetővé a leírás során, az erdészeti rendszer 32 kategóriájával szemben. A mezőgazdasági leírás pl. a lösz, ill. löszös alapkőzet esetében 7 kategóriát is elkülönít. Ilyen részletességet a terepi gyakorlat nem kíván meg. Tapasztalataink szerint, a Magyarországon előforduló és jelentős területen megtalálható alapkőzeteket 23 kategóriába be lehet sorolni, ezért az alapkőzet kategóriáit egyszerűsítettük.

A hazai erdészeti talajosztályozás a genetikai elvekre épít, és elveiben és felépítésében megegyezik a mezőgazdaságban használatossal (STEFANOVITS et al. 1999).Ugyanakkor a két rendszert összehasonlítva kisebb különbségeket figyelhetünk meg. Az erdészeti osztályozásba (BABOS et al. 1966) a 9 főtípus mellé egy tizedik főtípus is bekerült. Ebbe a főtípusba a mesterséges talajképződmények tartoznak. E főtípus elkülönítését az tette fontossá, hogy egyre gyakrabban merül fel az igény olyan területek erdősítésére, amelyeken az eredeti talajszerkezet nem ismerhető fel vagy nincs talaj (pl. meddőhányók,

ipari létesítmények, földművek, csatornák bolygatott rézsűvel stb.). Ezeken a területeken genetikai talajfejlődésről nem beszélhetünk. Az egységes rendszerben a mesterséges talajképződmények 3 típusát különítjük el: városi talajok, építési területek talajai és a nem meghatározható talajféleség típusokat. Az egyes főtípus illetve típusokon belül, kisebb különbségek azonban megfigyelhetők.

A *váztalajokon* belül a humuszos homok típus egyik altípusa, az erdészeti osztályozás szerint a kovárványos homok, amelyre jellemző, hogy a barna erdőtalajokra jellemző szintezettség nem figyelhető meg.

A *kőzethatású* talajok főtípusban egy újabb típus jelenik meg: a cseri talajok típusa. Magyarország nagy területén találhatunk (pl. Kemeneshát) savanyú kavicsra rakódott finom agyagon kifejlődött ún.: cseri talajokkal. A mezőgazdasági irodalom a kavicsos váztalajokhoz vagy a barna erdőtalajokhoz sorolja (pl.: podzolos barna erdőtalaj). Egyik besorolás sem fejezi ki megfelelően a talaj termőképességét és egyéb jellemzőit. A típushoz korábban 3 altípust különített el az erdészeti leírás (a rozsdabarna-, pszeudoglejes- és podzolos cseri talajt) ám a cseri talaj típust az új osztályozás nem különíti el.

A *barna erdőtalajok* közül az erdészeti rendszer a rozsdabarna erdőtalajt külön típusba sorolja, ezt indokolja, hogy termőképessége jelentősen eltér az agyagos-vályogos szövetű barnaföldekétől, hiszen homokon fejlődik ki. Az új rendszerben ez a típus külön kategóriaként megmaradt.

A *csernozjom* talajokon belül az erdészeti gyakorlat külön veszi a csernozjom jellegű homoktalajok és kombinációit. E típus elkülönítését – hasonlóan a rozsdabarna erdőtalajokhoz – a talaj eltérő vízgazdálkodása adja. Az egységesítette rendszerbe ezt átvettük és külön típusként beépítésre került.

A *szikes és a réti talajok* osztályozása megegyezett a két vizsgált rendszerben.

Alapvetően eltért a *mocsári és ártéri* erdőtalajok főtípusa az erdészeti rendszerben a mezőgazdasági osztályozáshoz képest. Az erdészeti gyakorlat a főtipuson belül 3, a réti erdőtalajok, az öntés erdőtalajok és a lejtőhordalék erdőtalajok típusát különíti el. Közös jellemzőjük, hogy a fejlődésükre a víz és az erdő együttesen hat. Az új egységesítette rendszerben az erdészeti felosztás került.

A *lejtőhordalék- és öntés* talajok főtipuson belül, az erdészeti gyakorlat, a lejtőhordalék talaj típus négy altípusát, karbonátos és nem karbonátos, illetve a karbonátos és nem karbonátos lejtőhordalék kombinációkat különíti el. Az egységes rendszerbe ezt javasoljuk.

Bár az egységes rendszer kidolgozása során messzemenően igyekeztünk a gyakorlati tapasztalatokat figyelembe venni, a közeljövő feladata az egységes rendszer terepi kipróbálása és a kapott adatok egységes értékelése.

A szerzők – kérésre – szívesen elküldik a javasolt egységes rendszer részletes ismertetését.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat a NKFP 4/15/2004. számú „4F" című program támogatta.

Irodalomjegyzék

ÁLLAMI ERDÉSZETI SZOLGÁLAT (2001): „Útmutató az erdőállomány-gazdálkodási tervek (erdőtervek) készítéséhez".

ÁNGYÁN J., PODMANICZKY L. (1999): Földhasználati zónarendszer kialakításának lehetőségei Magyarországon. VII.Országos Agrár-környezetvédelmi Konferencia, Szakmai Kiadvány, Környezetvédelmi Információs Klub, Budapest, 40-41. p.

BABOS I., HORVÁRHNÉ PROSZT S., JÁRÓ Z., KIRÁLY L., SZODFRIDT I., TÓTH B. (1966): Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés, Akadémia Kiadó, Budapest, 62-115.

BIDLÓ A., HEIL B., ILLÉS G., KOVÁCS G. (2003): A magyarországi erdészeti termőhely osztályozás és ennek problémái, Földminőség és földhasználati információ a mezőgazdaság versenyképességének javításáért c. konferencia kiadványa, Veszprémi Egyetem, 115-124. p.

DEBRECZENI B., NÉMET T., TÓTH G.,(2003): A földminőség tápanyag tényezője. In: Gaál, Máté és Tóth 2003. Földminőség és földhasználati információ, Veszprémi Egyetem, Keszthely, 23-37. p.

FÜHRER E., JÁRÓ Z. (2005): A mezőgazdasági talajértékelési rendszer erdészeti adaptálása, Erdőhatár: „A kedvezőtlen adottságú mezőgazdasági területek hasznosítása erdősítéssel" '. 1. munkaszakasz nyilvános tanulmánya, http://web.t-online.hu/erti/

GAÁL Z., DEBRECZENI B., KUTI L., MAKÓ A., MÁTÉ F., NÉMET T., NIKL I., SPEISER F., SZABÓ B., SZABÓNÉ KELLE G., SZAKADÁT I., TÓTH G., VASS J., VÁRALLYAY GY., (2003): D-e-Meter az intelligens környezeti földminősítő rendszer, Földminőség és földhasználati információ a mezőgazdaság versenyképességének javításáért c. konferencia kiadványa, Veszprémi Egyetem, 3-21. p.

HORN P., STEFLER J. (1990): Hagyományos és új állattenyésztési ágazatokban rejlő lehetőségek az eltérő ökológiai, piaci adottságok kihasználására. Állattenyésztés és Takarmányozás, 39. k. 1.sz. 27-43. p.

STEFANOVITS P., FILEP GY., FÜLEKY GY. (1999): Talajtan, Mezőgazda Kiadó, Budapest 239.-319. p.

SZODFRIDT I. (1993): Erdészeti Termőhelyismeret-tan, Mezőgazda Kiadó, Budapest

BARANYAI F. et al. (szerk.) (1989): Melioráció-öntözés és talajvédelem, Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához ('88 melléklet), Agroinformációs Vállalat, Budapest.

Földértékelés és termőhelyi minősítés új lehetőségei a gyepgazdálkodásban

Fábián Tamás – Hoffmann Richárd – Dér Ferenc
Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar,
Növénytani és növénytermesztés-tani Tanszék

Összefoglalás

A mezőgazdasági területek földhasználatának egyik lényeges összetevője a termőterületek tulajdonságainak ismerete. A földminősítés és a földminőséget is figyelembe vevő gazdálkodás-tervezés mind az Unió mind Magyarország agrárpolitikájában fontos kérdés. Magyarországon a növénytermesztés jelentős szerepe miatt már nagyon régen felmerült a földértékelés informatív módszerének kialakítása. E módszer, amely abban az időben az „Aranykorona" néven vált ismertté, egészen a közelmúltig működött, olyannyira, hogy az 1990-es években végrehajtott termőföld privatizáció során is ezt alkalmazták. Napjainkig a gyepek értékelési módszerei nagyrészt növénycönológiai alapokra épültek. Ezek a módszerek főleg becsléseken alapultak, és számos meghatározó ökológiai tényezőt nem vettek figyelembe. Ésszerűen gazdálkodni azonban csak olyan viszonyok közt lehet, ahol minél szélesebb körben ismerjük a gyepterületek jellemzőit, tulajdonságait, melyhez elengedhetetlen feltétel, hogy feltárjuk ezen paramétereket, a gyepterületek minősítéséhez szükséges adatrendszert kibővítsük, és megcélozzuk egy objektív gyepminősítési rendszer kidolgozását. Napjainkban a mezőgazdaság fejlesztése nélkülözhetetlenné teszi egy az aranykorona rendszer fogyatékosságaitól mentes, korszerű földértékelési rendszer kialakítását. Mivel a napjainkban kidolgozás alatt álló D-e-Meter földértékelési rendszer kerül majd várhatóan alkalmazásra a szántóföldek értékelése során, a rendszer gyepterületekre is alkalmazható alapelemeinek átvételével és a gyep sajátos tulajdonságainak az értékelésbe történő beépítésével kell megcélozni egy korszerű értékelési rendszer kialakítását.

Summary

A very important parameter of the use of the agricultural areas is the knowing of their qualities. The land appraisal and the farming considering the quality of the lands are important sections of the agricultural policy in the EU and in Hungary as well. In Hungary the main role of the plant production raised the question about the informative way of the land appraisal. This method was known as the „aranykorona", and had been used till the recent past, during the privatization too. Till present day the methods of the classification of the arable lands have been based on the botany. Most of this methods were only estimation, and weren't able to take into consideration some ecological factor. Rationally we can farming only if we know the features of the grasslands as good as we can. To reach these aims we have to explore these parameters, to expand the required database, and to aim an objective classification method for the grasslands. Present day the improving of the agricultural productivity needs a classification method without the deficiency of the „aranykorona" method. While the elaborated D-e-Meter

method hopefully will be suitable for the arable lands, we have to aim to elaborate an up-to date method for the grasslands including the usable parts of the arable lands classification, and of course the special characteristics of the grasslands.

Bevezetés

Az Európai Unió földhasználatát a szabályozottság és a környezettudatos gazdálkodás jellemzi, melynek egyik lényeges összetevője a termőterületek tulajdonságainak ismerete. A földminősítés és a földminőséget is figyelembe vevő gazdálkodás-tervezés, valamint az ehhez kapcsolódó környezetgazdálkodás mind az Unió mind Magyarország agrárpolitikájában kiemelten kezelt kérdés. A szántóföldek, gyepek, szőlők és erdőterületek termőföldje, mint termelőeszköz, családok tízezrei megélhetését és egész nemzetünk gyarapodását segíti, de egyben olyan természeti érték is, amelynek megőrzése mindannyiunk életminőségének alapja. Az, hogy ezzel az erőforrással miképp gazdálkodunk, a vidék gazdaságának versenyképessége miként alakul, attól is függ, hogy milyen információk birtokában, és milyen technológiákat alkalmazva sikerül az adott ágazat működését szervezni [13].

A magyarországi gyep művelési ágban nyilvántartott területek nemzetközi összehasonlításban csak igen szerény részarányt képviselnek a mezőgazdasági területből. Ennek ellenére a több mint 1 millió hektár gyepterület számottevő szerepet képviselt, és játszhat a jövőben a szálastakarmány-termesztésben. Figyelembe kell vennünk azt is, hogy az Európai Unióhoz történt csatlakozásunkkal a gyepterületek nagyságában – még óvatos becslések szerint is – további néhány 100 ezer hektáros növekedés várható [7].

Magyarországon a növénytermesztés jelentős szerepe már nagyon régen felvetette a földértékelés informatív módszerének kialakítását. E módszer, amely az 1800-as évektől folyamatosan fejlődve alakult ki, az 1900-as években „Aranykorona érték" néven vált ismerté, egészen a közelmúltig működött, olyannyira, hogy az 1990-es években végrehajtott termőföld privatizáció során is ezt alkalmazták.

Napjainkig a gyepek értékelési módszerei nagyrészt a statisztikai módszerekkel dolgozó növénycönológián alapultak. E módszerek első változatai az egyik legjelentősebb legeltető országban – Svájcban – alakultak ki. Az 1950-es években a módszer legnevesebb képviselője Braun-Blanquet volt, akinek vizsgálati módszere majdnem az egész világon a cönológiai kutatás alapját képezte. Osztályozási módszere azonban nagyrészt elméleti jellegű, ezért nélkülözte a gazdálkodás gyakorlatába átültethető eredményeket. Az elméleti cönológiai kutatás, és a gyakorlat kapcsolata ebben az időszakban, Németországban állt legközelebb a mezőgazdasági termeléshez. Számos szerző, mint Türen, Knapp, Klapp, Könekamp, Köhnlein, Knoll, Petersen, Ellenberg, Stählin, Bocker foglalkozott a gyep minősítés elméleti lehetőségeinek a gyakorlatban történő alkalmazásával [9].

Hazánkban a gyepek botanikai-florisztikai alapon való vizsgálatát Thaisz kezdte el, de a modern cönológiai vizsgálatokat csak Soó és tanítványai indították el az 1930-as években. A Braun-Blanquet-iskola szellemében dolgozó Soó-iskola megteremtette a széles alapot arra, hogy az egyes gyeptársulásokat cönológiai rendszerbe lehessen sorolni, de ezek önmagukban a gyakorlat számára nem sokat mondanak. Az 1950-es évek elején többek között Máthé és tanítványai, Juhász, Prettenhoffer foglalkoztak rét- és legelő értékelés problémakörével. Ezzel egy időben megindult a majdnem tisztán kémiai alapon készült Kreybig-féle talajtérképek gyakorlatibb vonatkozású átdolgozása. E munka során szóba került a gyepterületek feltérképezése is [8].

A gyepek botanikai és gazdasági együttes értékelésével foglalkozott Balázs [1], amely módszer esetenként napjainkban is használatos, és megalkotójáról Balázs-féle kvadrát módszerként ismert. Előnye, hogy a gyepalkotók alapos elemzésével igen jó közelítő értékeket ad főleg a mennyiségi értékekre. Hátránya, hogy nem foglalkozik az adott gyepet kialakító ökológiai tényezőkkel és a termesztési és hasznosítási módok gyepre gyakorolt hatásával. A tápanyag-visszapótlás problémaköre napjainkban is több kutatót foglalkoztat. Szűcs [12] és Bánszki [3] megállapításai szerint a N műtrágyázás hatására csökken a nem tisztavetésű gyepekben a pillangósok aránya, és a pázsitfűfélék fajszáma is kevesebb lesz. Egybehangzó vélemények alapján megállapítható, hogy N-műtrágyázás hatására a legnagyobb mértékű változás a gyep fehérjetartalmában következik be [11, 2, 6, 4, 5, 10]. Az 1990-es években Vinczeffy és munkatársai [14] olyan gyepminősítési rendszert dolgoztak ki, amelyben a gyep minősítése három számmal jelölhető. Az első szám a gyepek kultúrállapotát mutatja, a második az uralkodó fű szerinti gyeptípust, a harmadik pedig a szárazanyag-termést jelzi. A módszer hibája, hogy több értékes tulajdonsága mellett ez sem foglalkozik részletesen a talajtani és éghajlati hatásokkal.

A gyepterületek objektív értekelésének lehetőségei

A gyepterületek hasznosításának ügye a mezőgazdaság modernizációja óta – egy rövid időszaktól eltekintve – elkerülte az agrárpolitika figyelmét. Ésszerűen gazdálkodni azonban csak olyan viszonyok közt lehet, ahol ismerjük a gazdálkodás tárgyának – jelen esetben a gyepterületeknek – jellemzőit, tulajdonságait, melyhez elengedhetetlen feltétel, hogy komplex szemléletbe ágyazva feltárjuk ezen paramétereket, a gyepterületek minősítéséhez szükséges adatrendszert kibővítsük, és megcélozzuk egy objektív gyepminősítési rendszer kidolgozását.

A gyepterületekre alkalmazható termőhely-minősítési rendszer modelljének kidolgozásakor mintaképpen figyelembe kell venni a szántó művelési ágban alkalmazott korábbi aranykorona és a jelenleg kidolgozás alatt álló korszerű földminősítési rendszereknek azon módszereit, melyek alkalmazhatók a gyepterületek értékelésében, valamint az Európai Unióban és más országokban

használatos értékelési módszereket is. E munka során célszerű elkülöníteni a hasznosítás célja szerint az egyes gyepterületeket (védett, védő, és termelő gyepek). Az eddig rendelkezésre álló termelési adatok alapján kell rendszereznünk azokat a termés-kategóriákat, amelyek az ősgyepeket és a telepített gyepeket jellemzik. Vizsgálni kell a termőhelyi adottságok (talajtípusok, altípusok, fekvés, klimatikus tényezők), valamint más, a gyep értékét meghatározó tényezők hatását (gyepalkotók összetétele, részaránya), és a gyep értékelésében betöltött szerepét.

Az ökológiai adottságokhoz alkalmazkodó, környezettudatos gazdálkodás támogatása az Európai Unió agrárpolitikájában – és így hazánkban is – kiemelten kezelt terület. Lehetőségeink kihasználása azonban csak olyan programok segítségével érhetők el, melyek amellett, hogy a gazdálkodás természeti feltételeit figyelembe veszik, a gazdálkodók képzettségére és a modern információ-hordozókra is építenek. Csak a tudományos megalapozottság, gyakorlati megvalósíthatóság és ismeretátadás hármas követelményének megfelelve működhetnek a mezőgazdasági, vidékfejlesztési programok

A gyepterületek termékenységének értékelése, bár számos tényezőben alapvetően különbözik a más művelési ágban lévő területek (szántó, erdő) termőhelyi érékelésétől, néhány alapvető szempontban azonban meg kell, hogy egyezzen azokkal. A gyepterületek objektív minősítési módszerének modellszintű kidolgozását a következő lépésekben tervezzük: A magyarországi földértékelés múltjának elemzése után át kívánjuk tekinteni és elemezni az Európai Unióban és más országokban használatos értékelési módszereket. A gyepterületekre alkalmazható termőhely-minősítési rendszer modelljének kidolgozásakor mintaképpen figyelembe vesszük a szántó művelési ágban alkalmazott korábbi aranykorona és a jelenleg kidolgozás alatt álló korszerű (D-e-Meter) földminősítési rendszereknek azon módszereit, melyek alkalmazhatók a gyepterületek értékelésében. Az eddig rendelkezésre álló termelési adatok alapján rendszerezzük azokat a termés-kategóriákat, amelyek az ősgyepeket és a telepített gyepeket jellemzik. A multifunkcionális termőföld-, és gyephasználatban szereplő nem gazdasági gyepterületekkel csak olyan mértékben kívánunk foglalkozni, amely elemzés a gazdasági gyepek értékeléséhez szorosan kapcsolódik.

A vizsgálat során nyert adatokból a következő kérdésekre várok választ:

- Milyen hatást gyakorol a gyeptípus a gyep termőképességére.
- A talaj, és éghajlati adottságok meghatározzák-e egy adott gyeptípus kialakulását.
- Az egyes gyeptípusokon a gyepösszetétel, a talaj-, és időjárási viszonyok milyen hatást gyakorolnak a gyep minőségére /táplálóértékére/.

- A vizsgált tényezők tükrében hogyan alakul a gyep közgazdasági értéke, amelynek kiszámítására az egységnyi területen (1 ha) előállított táplálóértékből számított nagyállat-eltartó képességből következtetünk.

A gyephasznosítás módjának meghatározása céljából a gyűjtött adatok alapján faktorokat képezünk, amelyeket felhasználunk a modellszintű értékelési rendszerben. A kialakított elméleti modellek alkalmazhatóságát több dunántúli gyepterületen mérjük. A legjobbnak bizonyuló elméleti modelleket értékelni fogjuk a Halle-i Egyetemmel közös projektben.

Eredmények

Napjainkban a mezőgazdaságnak a piacgazdaság körülményei közötti fejlesztése nélkülözhetetlenné teszi egy az aranykorona rendszer fogyatékosságaitól mentes, az ismereteink és a tudomány mai állapotát tükröző korszerű földértékelési rendszer kialakítását [8]. Az újonnan kifejlesztés alatt álló D-e-Meter rendszer várhatóan jól alkalmazható a szántó művelési ágú területekre, mert a talajminőségi mérőszámokat többek között a gazdasági növényeknél mért termés adataiból alakítja ki. A D-e-meter térinformatikai rendszer használata során a gazdálkodók meghatározhatják gazdaságuk területét, majd on-line térképszerkesztéssel kialakíthatják tábláikat. A gazdálkodás tervezése során a földminőség ismeretében jelölhetik ki időszakos parcelláikat, és tervezhetik az adott időszakra növénytermesztésüket. A gazdálkodás folytatásáról pontos nyilvántartás vezethető, valamint a használt területek fontos tulajdonságai és a rajtuk elvégzett munkák elektronikus táblatörzskönyvbe szervezhetők.

A D-e-meter rendszer átjárhatóságot biztosít, amennyiben művelési ágat váltunk, a területet a rendszer szükségképpen újraértékeli. A termesztést befolyásoló paraméterek változásával az értékek is változnak, így például egy gyenge adottságú szántóterület akár közepes, vagy jó adottságokkal rendelkező gyep is lehet az újraértékelés után. A rendszer gyepterületekre is alkalmazható alapelemeinek átvételével és a gyep sajátos tulajdonságainak az értékelésbe történő beépítésével egy olyan értékelési rendszer kialakítását kell megcélozni, amely a korábbiakban felsorolt módszerek pozitív tulajdonságait ötvözve, és hiányosságait pótolva alkalmassá válik a gyepterületek objektív értékelésére. Ennek vázlatát az 1. ábrán mutatom be.

1. ábra

Irodalomjegyzék

[1] Balázs, F.: A gyepek botanikai és gazdasági értékelése. Budapest, Mezőgazdasági kiadó. 1960.

[2] Balázs, F.: Nagyadagú gyeptrágyázás jelentősége az Őrségben. Budapest, Mezőgazdasági kiadó. 1962.

[3] Bánszki, T.: A gyepek tápanyagellátása. Debrecen, Akadémiai doktori értekezés. 1993.

[4] Bánszki, T.: Gyepek termésnövelésének lehetőségei műtrágyázással Hajdú-Bihar megyében. Budapest, Agrártudományi Közlemények. 1973. 32. 473-484. old.

[5] Bánszki, T.: A gyepek szakszerű tápanyagvisszapótlása és a talajok tápanyagellátottsága közötti összefüggések. Budapest, Gyepgazdálkodás. 1974. 2.54-63. old.

[6] Bartos, J.: Prispevek k pouziti vysokich davek promyslovysch hojiv na travaly lucni porost. Praha, Rostlinná, Vyr. 1965. 11.4.432-454. old.

[7] Dér, F.: A szántóföldi növénytermesztés és a gyepgazdálkodás helyzete és kilátásai az EU- csatlakozás után. Budapest, Nemzeti Fejlesztési Hivatal. 2003. 83-142. old.

[8] Máté F.: Az aranykoronától a D-e-Meter számokig. In: Földminősítés és földhasználati információ. (Szerk.: Gaál Z., Máté F. & Tóth G.) Keszthely. 2003. 145-152. old.

[9] Petersen, A.: Die Gräser als Kulturpflanzen und Unkräuter auf Wiese, Weide unk Acker. Berlin. 1955.

[10] Prieger, K.: A nitrogén-műtrágyázás hatása a legelő termésének mennyiségére és minőségére. Gödöllő, Agrártudományi Egyetem. Doktori értekezés. 1970.
[11] Reith, J. – Inkson, R.: The effects of fertilizers on herbage production. London, Journal Abric. Sci. 1961. 56.1.17-29. old.
[12] Szűcs, I.: Hozamnövelés és hatékonyság lejtős gyepeken. Gyöngyös, Kandidátusi értekezés. 1995.
[13] Várallyay Gy.: A földminőség kifejezésének céljai és lehetőségei. Keszthely
[14] Vinceffy, I.: Legelő- és gyepgazdálkodás. Budapest, Mezőgazda Kiadó. 1995.

Talajtermékenység és a szervesanyagtartalom szerepe a földértékelésben

Debreczeni Béláné - Tóth Zoltán - Hermann Tamás
Pannon Egyetem, Veszprém;
Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely

Összefoglalás

A talajtermékenység mértékét jelentősen befolyásolja minden kísérleti helyen, a talajban a tenyészidőszak egésze és egyes szakaszai alatt a növények számára rendelkezésre álló vízkészlet, valamint a tápanyagok mennyisége és szolgáltatása. A talajokat abból a szempontból kell minősíteni, hogy azok milyen feltételeket tudnak biztosítani a növények fejlődéséhez.

Láthattuk, hogy az évjárathatásoktól függő természetes vízellátás a növények terméshozamára nagyobb hatással van, mint a trágyázás, ezért a földértékelésnél, a talajvízmegtartó képességének vizsgálatát is számításba kellene venni. Nem csak a vízhiány (szárazság), hanem a vízfelesleg is hozamcsökkentő hatású lehet a növényeknél.

A talajok szervesanyagának jelentőségét a talajtermékenység szempontjából, a Hargitai által kidolgozott minőségi mutatók -- a stabilitási szám (Q) és a stabilitási koefficiens (K) - számszerűsítve is értékelhetőbbé teszik.

A talajok kémhatása és a terméshozamok kapcsolatában láthatjuk, hogy eltérő pH tartományokban közel azonos hozamú termések elérésére van lehetőség. A savanyodással összefüggő talajdegradáció minősítésére külön értékelési mód kidolgozására kellene törekedni.

Az eredmények alapján a földminősítési rendszer, a talajok termékenységének értékelése, megbízható módon a gazdasági növények többéves hozamviszonyaival és a talaj szerves anyagának minőségi mutatóival hozható összefüggésbe.

Summary

The level of soil fertility in every field experiments is influenced significantly by the specific water regime and the available volume of nutrients. The basis of correct soil fertility assessment is the plant specific evaluation of the different soil condition. The different natural watering in the different yeartype has major effect on yield than the manuring, so we have to take the natural watering in the process of soil fertility assessment into account. Shorts and overs in the water regime are very important during the assessment. Some quality indices, like stability value (Q) and stability coefficient (K) help to assess numerically the soil organic matter content in the point of view of the soil fertility.

The relationship between soil acidity and crop yield would seem it is possible to reach the same crop yield by different pH values. There would be a specific evaluation process to assess correct the soil fertility loss because of acidification.

A new land evaluation system can assess the soil fertility correct if we take the yield data from long-term field experiments and the quality indices of soil organic matter into consideration during the evaluation process.

Bevezetés

A talajtermékenység Kemenesy (1972) szerint, a talajnak ama belső potenciális képessége, amely annak színvonalától függően különböző mértékben hasznosítja az alkalmazott termesztéstechnikai ráfordításokat és egyéb külső befolyásokat (időjárás, növényfaj, -fajta). A talajtermékenység tényezőinél első helyen említi a talaj fizikai állapotát (kötöttség, szerkezet, mélyrétegűség), mivel a talaj víz- és levegő gazdálkodásának, a dúsabb gyökérzet fejlődésének, a tápanyagok hasznosításásának és a talajok szervesanyag-gyarapításának feltételeit biztosítja. A talajtermékenység sok tulajdonság egymásrahatásából jön létre, a biológiai (biológiai aktivitás), a kémiai (tápanyagok, mészállapot) és a fizikai állapot kölcsönhatására. Mindhárom tulajdonságcsoportra legnagyobb mértékben a jóminőségű humusz hat kedvezően. A humuszként értelmezett összes elhalt szerves anyagot a talajban, két csoportra osztotta, táphumuszra (nem huminanyagok) és tartós humuszra (huminanyagok). Tulajdonképpen Hargitai (1962,1983) is a talajok humuszminőségi vizsgálatánál a humifikált és a nem humifikált szervesanyagokat választotta külön. Meghatározta a talajok humusz stabilitási számát (Q) és környezetvédelmi kapacitáct, a humusz stabilitási koefficienst (K-értéket). A huminanyagoknak a talajok pufferkapacitásában kulcsszerepe van. A nem humifikált szerves anyagok pedig, lebontásuk során fontos tápanyagforrások, főleg nitrogén-szolgáltatók.

A földminősítési rendszer nélkülözhetetlen részét képezi a talajok termékenysége, amely alapvetően a gazdasági növények többéves hozamviszonyaival jellemezhető (Máté, 1960, 1999). A termőhelyi adottságok és az emberi tevékenység által megváltoztatott talajtermékenységi szintek is kifejezésre jutnak a gazdasági növények terméshozamaiban és azok minőségében (Stefanovits, 1999). Korábban, a talajok minőségi különbségének megállapításánál, a hagyományos gazdálkodásnál tartósan nyerhető, az istállótrágyázásra alapított tápanyag-gazdálkodási rendszer körülményeinél képződött átlagterméseket vették számításba.

A 20.-dik század második felétől azonban, a mezőgazdaság kemizálásával, a tápanyagvisszapótlás forrásanyagainál hazánkban is felgyorsult, sőt 1975-után igen nagy részarányt képviselt a műtrágyákkal kijuttatott tápanyag-mennyiség (Láng-Csete-Harnos 1983). A rendszeres trágyázással növekedtek az átlagtermések és megváltozott a talajok termékenysége. A rendszerváltozást követően azonban a gazdálkodási módok megváltoztak, a tápanyagvisszapótlás rendszertelenné vált és a minimális szintre csökkent. A táblatörzskönyvek hiányában nincs pontos nyílvántartás.

A tartósan nyerhető átlagtermések megállapítására, az Országos Műtrágyázási Tartamkísérleti Hálózat (OMTK) szántóföldi kisparcellás kísérleteiben kínálkozik lehetőség: Ezekben a szántóföldi kísérletekben megbízható módon a kísérleti talajok alaptermékenysége és az évenként alkalmazott, növekvő adagú műtrágyák hatása, több mint három évtizedes időszakra fellapozható.

Az OMTK egy olyan eltérő ökológiai viszonyokat reprezentáló kísérleti hálózat, melyben a műtrágyázási kísérletek 9 különböző termőhelyen eltérő talajviszonyok között, több kísérlettel 1967-1968-1969-óta folytatódnak és a kísérleti talajokra ill. főbb növényeinkre az őszi búzára és a kukoricára hasznosítható adatokkal rendelkezik.

A 2001-ben elkezdett földminősítési kutatásokban részt vettünk már az 1968-ban beállítot (18B-jelű) OMTK kísérletek háromhelyének (Putnok, Iregszemcse, Mosonmagyaróvár) az 1979-1989 időszakára vonatkozó terméshozam és talajvizsgálati eredményeivel (Debreczeni, Bné-Németh, T.-Tóth, G. 2003. (in: Földminősítés és földhasználati információ, Keszthely. Szerkesztők: Gaál Z.-Máté F.-Tóth G.).

A dolgozatunkban, ugyancsak e három kísérleti talaj termékenységének minősítését szeretnénk bemutatni, alapvetően a búza és a kukorica terméshozamait, a trágyázatlan és néhány kiválasztott NPK-műtrágyázott kezelésű parcelláról, összefüggésben az évjárathatásokkal, főleg a csapadékból eredő vízellátással. Valamint a kísérleti talajok fontosabb termékenységi mutatóit, kiemelve a szerves anyag tartalom minőségét.

Kísérleti módszerek

A bemutatásra kerülő eredmények az 1967-ben beállított, 17B-jelű őszi búza-kukorica bikultúrás kísérletekből származnak. A többéves terméshozamok t/ha, a tartam kísérlet 21-évétől 1988-2001-közötti időszakból valók, a talajvizsgálatok pedig, 1999-ben a felső 0-20 cm-es talajréteg legfontosabb talajtermékenységi mutatóira vonatkoznak.

Kísérleti helyek*:* Putnok, erősen savanyú agyagbemosódásos barna erdőtalaj; agyagos, kedvezőtlen vízgazdálkodású talaj. Iregszemcse, mészlepedékes csernozjom; löszös vályog, kedvező vízgazdálkodású talaj. Mosonmagyaróvár, karbonátos humuszos öntéstalaj, vályogos homok.

Műtrágyázás*:* a kísérletekben a N és a P hatása 3-3, a K hatása 2-2 szinten az összes lehetséges 3x3x2=18 kombinációban a vizsgálat tárgyát képezi. Ezen kívül van egy kezeletlen u.n. trágyázatlan kontroll, valamint egy megemelt NPK-adagú kezelés. Ezekből kiválasztottunk három alacsonyabb, de növekvő adagú NPK-műtrágyázási kezelést, megadjuk a kódszámokat és a tartam kísérlet 21-évétől módosított műtrágya adagokat.

NPK=000,

NPK=111, N100-P60-K100 (búzánál) ill.200(kukoricánál)

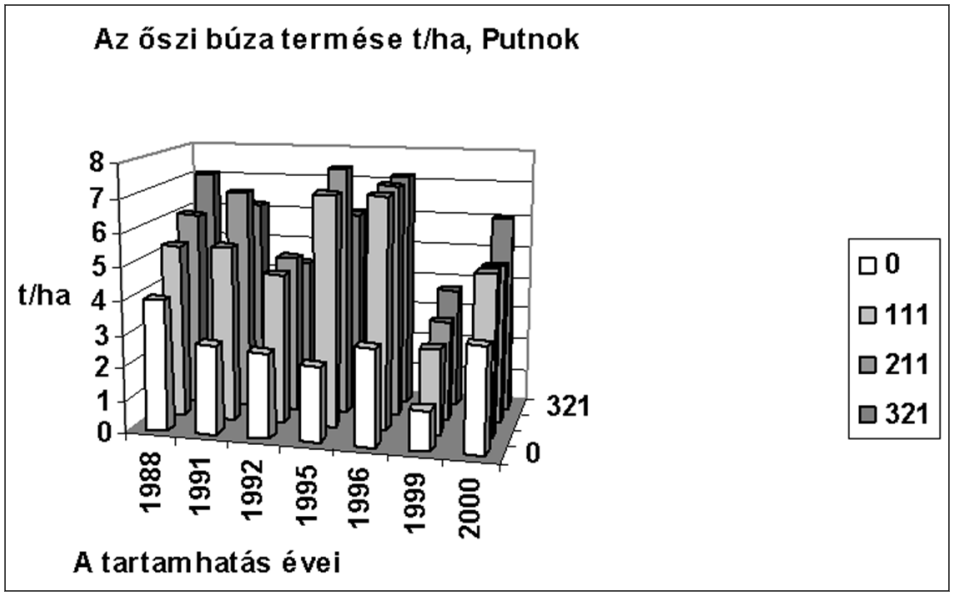
NPK=211, N150-P60-K100 ill.200
NPK=321, N200-P120-K100 ill.200

Talajvizsgálatok: pH $_{(KCl)}$, AL-P_2O_5 mg/kg talaj, AL-K_2O mg/kg/kg talaj Humusztartalom (%), szén (C)%, összes-N (%) és a Hargitai-féle humuszminőség környezetvédelmi értékei, mint a humuszstabilitási szám: Q = (NaF)/E(NaOH), és a humuszstabilitási koefficiens a K érték: Q/Humusz %.

A növények vízellátása*:* kísérleti helyenként a természetes vízellátásból származnak, az agrometeorológiai évekre (október 1-szeptember 30), valamint a búza (október 1-június 30) és a kukorica (május 1-szeptember 30) tenyészideje alatt lehullott csapadék mennyiségekre mm.

Kísérleti eredmények

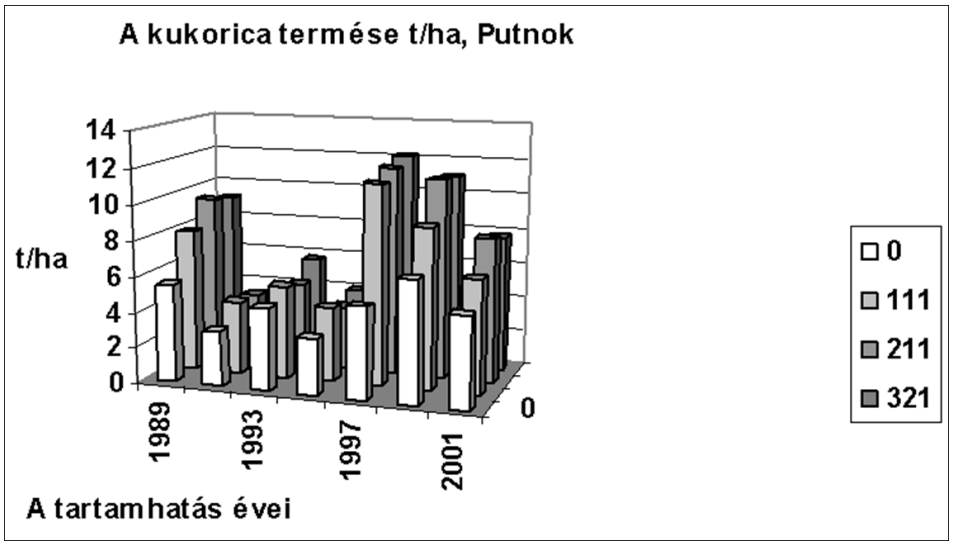
Bemutatjuk az 1.- 2.-es ábrákon a putnoki, a 3.-4.-ábrákon az iregszemcsei és az 5.-6.-ábrákon a mosonmagyaróvári búza és kukorica terméseredményeket, amelyek az egyes termőhelyi adottságoknál, a kísérleti helyek természetes talajtermékenységénél, a kiválasztott NPK kezelések hatására, magukon viselve az eredeti talajtermékenység, az évjáratok, és a műtrágyázási kezelések nyomait.



1. ábra. Az őszi búza termése t/ha 1988-2001-között agyagbemosódásos barna erdőtalajon

Az ábrákon megfigyelhetjük, hogy az adott termőhelyi talajon azonos tápanyagellátásnál, a trágyázatlan és az NPK műtrágyázott kezelésekben,

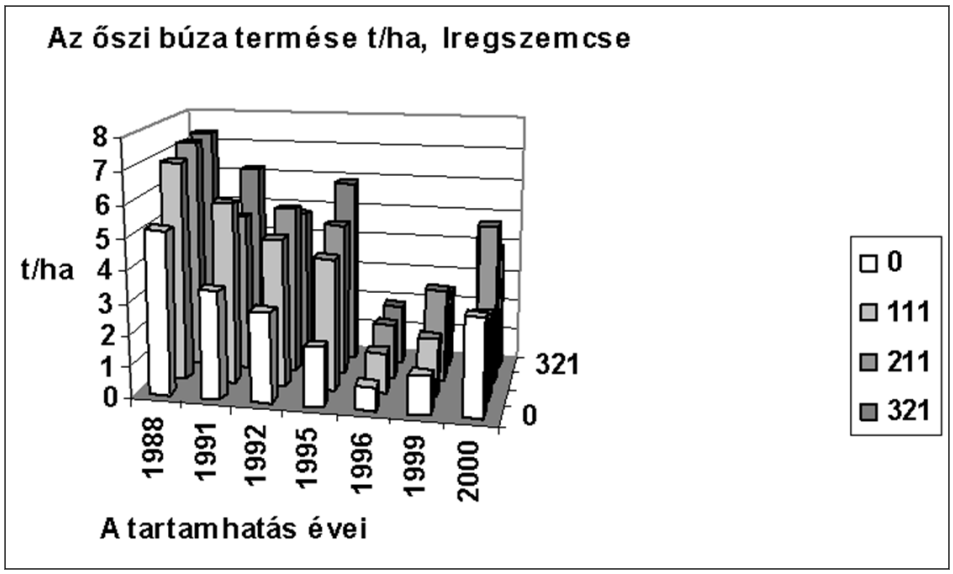
évjáratonként rendkívül változó mennyiségű őszi búza és kukorica terméseket kaptunk. Ennek magyarázata, az évenkénti természetes vízellátásban, a lehullott csapadékmennyiség évenkénti és tenyészidőbeni mennyiségében, ill. az évjáratonkénti különbségekben keresendő.



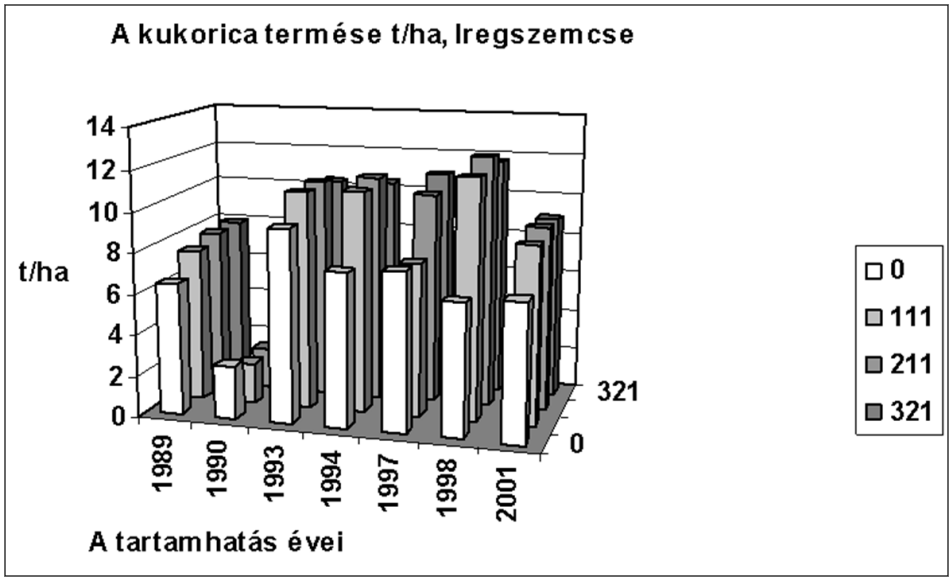
2. ábra. A kukorica termése t/ha 1988-2001 között agyagbemosódásos barna erdőtalajon

Az évjáratok csapadék mennyiségeit az 1. táblázatban láthatjuk, együtt a trágyázatlan kezelésben és a kiválasztott 4-NPK kezelésben halmozottan kapott termésekkel együtt. A trágyázatlan kontroll kezelés terméseihez viszonyítva, a növekvő műtrágya adagok hozamtöbbletekben jelentkező hatása évenként és növényfajonként is nagyon jelentős eltéréseket mutat. A hatáskülönbségeket, a a trágyázatlan kezelés terméseihez viszonyított relatív számokkal, u.n. produkciós faktorokkal is jellemeztük és azokat a 2. táblázatban közöltük.

A 3.-as és 4.-es ábrákon is meggyőződhetünk arról, hogy a nagyon jó tulajdonságokkal rendelkező mezőségi talajon is, a kedvezőtlen évjáratok megváltoztatják a növények teljesítő képességét és a műtrágyázási kezelésekpotenciális hozamtöbbletének alakulását. Iregszemcsén a vizsgált években észrevehetően kiegyensúlyozottabb terméshozam képet láthatunk.



3. ábra. Az őszi búza termése t/ha 1988-2001-között mészlepedékes csernozjom talajon

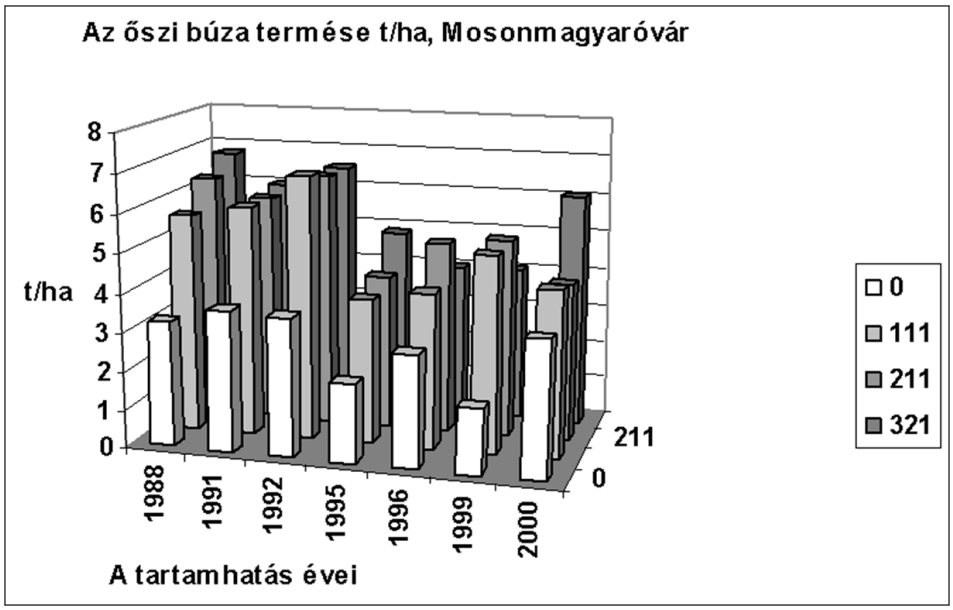


4. ábra. A kukorica termése t/ha 1988-2001 között mészlepedékes csernozjom talajon

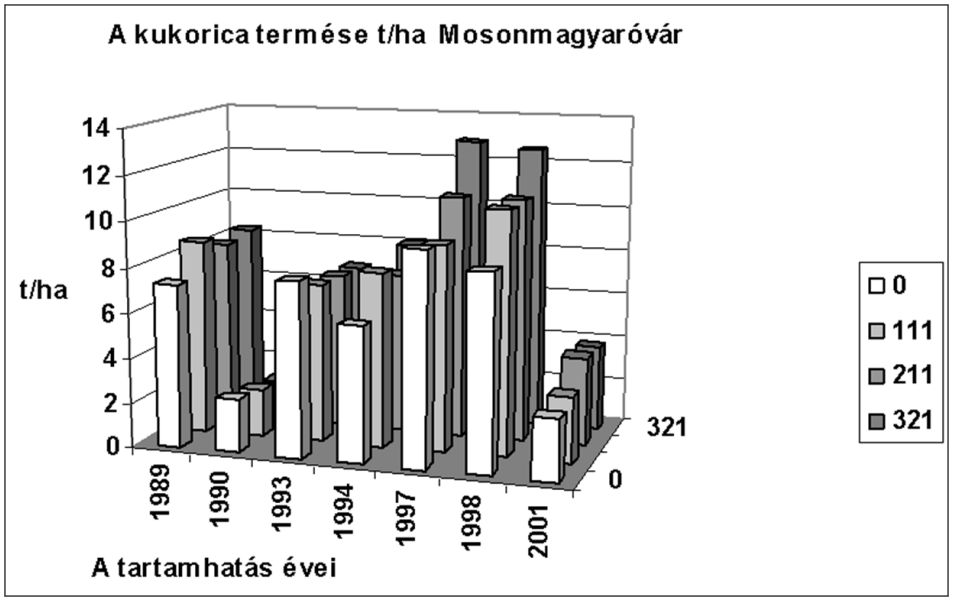
A Kisalföldön Mosonmagyaróváron, kiegyensúlyozottabb éghajlatnál, a 17B-jelű OMTK kísérletben kapott búza és kukorica termések az 5.-6.-ábrákon kerülnek bemutatásra.

A vályogos homoktalajon az alklmazott műtrágya adagokból a növények könnyen hozzáférnek a tápelemekhez. Ez a hozzáférhetőség lehet a magyarázata

annak, hogy a legkisebb adagú műtrágya (111) kezelést követő NPK adagok hozamnövelő hatása jelentéktelen.



5. ábra. Az őszi búza termése t/ha 1988-2001-között karbonátos humuszos öntéstalajon



6. ábra. A kukorica termése t/ha 1988-2001-között karbonátos humuszos öntéstalajon

A műtrágyázási kezelések hozamnövelő hatása produkciós faktorokkal a 2. táblázatban hasonlítható össze. Ezek az adatok arra is választ adnak, hogy milyen a növekvő adagú műtrágya kezelések hozamnövelő hatása, a vizsgált termőhelyek adottságainál, a kísérletek talajtípusainál, az eltérően reagáló két növényfaj hozamánál, mint a talajtermékenységet is befolyásoló eljárásnál.

Az 1. táblázatban a búza és a kukorica vízellátása, a csapadék mennyiségek az agrometeorológiai években és a tenyészidőkben, magyarázattal szolgál a terméshozamok nagy ingadozásaira. Tulajdonképpen a trágyázatlan növények termésingadozása és a kiválasztott 4 NPK kezelések hatására kapott halmozott termések ingadozása megegyezik egymással.

A túl kevés (pl.1990) és a túl sok (pl.1999) vízmennyiség káros hatású lehet a növények terméshozamára. Terjedelmi okokból nincs arra lehetőség, hogy a tenyészidő csapadékellátása mellett a kritikus fejlődési szakaszok vízellátását is értékeljük. De ahol látszólag kedvező a vízellátás, ott a búzánál a májusi csapadék, a kukoricánál a június-július csapadék viszonyoknak van jelentősége.

A 2. táblázatban a produkciós faktorok az NPK kezelések hatását tükrözik termőhelyenként, növényenként és évjáratonként. Az adatokból megállapítható, hogy a búza NPK-kezelésenkénti produkciós faktora (tápanyagreakciója) lényegesen nagyobb arányú, mint a kukoricáé. Legnagyobb NPK-műtrágyázási hatásokat az erősen savanyú agyagbemosódásos barna erdőtalajon láthatunk Putnokon. De a kiváló termékenységű iregszemcsei mészlepedékes csernozjóm talajon is jelentős a műtrágya hatás. A kukorica a talajok tápanyagkészletét nagyon jól hasznosítja, de aszályos években (1990:IR,MO) előfordul, hogy a műtrágyázási kezelésekben a kontrollhoz viszonyítva a produkciós faktor 1,0 alatti.

A 3. táblázatban a kísérleti helyek talajainak vizsgálatai, a talajtermékenységi mutatók kerülnek bemutatásra.

A talajok kémhatása (pH-értékek) jelentős különbségeket mutat. Az erősen savanyú kémhatású putnoki talajon, a tartamkísérlet 32-ik évében (1999), a trágyázatlan talaj kémhatásához képest a legnagyobb műtrágyázási kezelés (321) talaja 0,54 pH-val alacsonyabb. A 2. táblázatban látható azonban, hogy a búza termése t/ha, a növekvő NPK adagok hatására növekszik, hiszen a produkciós faktorok ebben az évben a legnagyobbak

A növények számára felvehető foszfortartalom a talajokban (AL-P_2O_5 mg/kg talaj) a növekvő NPK adagoknál növekszik, de az alacsonyabb foszfortartalmú putnoki talajon a 211-es NPK-kezelésnél csökkenés figyelhető meg. Ennek az lehet a magyarázata, hogy a növekvő terméshozam többet vont el a talajból, mint amennyit műtrágyával bevittünk. A meszestalajok jellemzően nagyobb foszfortartalmúak, minta savanyú talajok.

1. táblázat. Az őszi búza és a kukorica természetes csapadékkal való vízellátottsága 1988 és 2001 között, annak hatása a kontroll kezelés és a kiválasztott kezelések halmozott terméseinek t/ha alakulására

Vizsgált Évek	Növény	Putnok				Iregszemcse				Mosonmagyaróvár			
		Csapadék mm		Termés t/ha		Csapadék mm		Termés t/ha		Csapadék mm		Termés t/ha	
		éves	tény.i.	000	halm.	éves	tény.i.	000	halm.	éves	tény.i.	000	halm.
1988	ő.búza	648	421	3,99	22,4	530	337	5,18	26,8	542	362	3,24	22,0
1989	kukorica	579	375	5,49	32,1	566	319	6,51	29,9	481	267	7,22	32,2
1990	kukorica	420	234	3,06	14,2	425	255	2,63	7,9	389	213	2,35	7,5
1991	ő.búza	556	376	2,71	21,0	570	317	3,41	20,3	532	366	3,64	21,5
1992	ő.búza	444	365	2,59	16,3	462	388	2,83	17,6	480	398	3,57	23,5
1993	kukorica	354	173	4,59	20,3	577	246	9,46	41,4	508	247	7,70	28,5
1994	kukorica	477	217	3,20	15,1	723	294	7,55	40,0	637	297	6,00	28,9
1995	ő.búza	657	433	2,29	22,9	774	595	1,86	16,7	723	479	2,04	14,6
1996	ő.búza	529	328	2,93	24,4	795	499	0,74	5,6	807	495	2,90	15,8
1997	kukorica	402	274	5,15	40,3	502	272	7,79	36,7	496	318	9,37	42,1
1998	kukorica	689	494	6,78	38,1	714	409	6,52	42,4	656	436	8,60	42,7
1999	ő.búza	807	572	1,21	10,5	840	628	1,21	8,4	584	437	1,70	15,9
2000	ő.búza	626	416	3,20	19,0	482	336	3,09	14,7	499	370	3,51	18,0
2001	kukorica	595	303	5,13	27,4	668	349	6,74	33,5	513	275	2,76	13,5
átlag		556		3,7	23,1	616		4,7	24,4	560		4,6	23,3
összes		7783		52,3	324,0	8628		65,5	341,5	7847		64,6	326,7

A kálium műtrágya hatóanyag az NPK-kezelésekben azonos mennyiségű, tehát nem várható a talajokban káliumtartalom növekedéskülönbség a kezelések hatására, csak a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva. A talajok közötti eltérések a különböző agyagtartalommal magyarázhatók, az agyagos putnoki és a mosonmagyaróvári vályogos homoktalajok összehasonlításában.

A szerves anyag tartalom mutatói közül, az összes nitrogén mg/100 g talaj, a széntartalom %-al és a humusz %-al, kezelésenként a vizsgált talajoknál hasonló tendenciát mutat. A C/N-arány ezzel fordított nagyságú mutatókkal jellemezhető. Ennek az a magyarázata, hogy a nagyobb nitrogéntartalmú talajokban a szerves anyag ásványosodása intenzívebb, ez szűkebb C/N arány kialakításához vezet

A humuszstabilitási szám (Q-érték) a kalciumhoz kötődő humifikált szerves vegyületek arányára utal, megmutatja a humusz minőségének változását a műtrágyázási kezelések hatására. A három vizsgált talaj esetében látható, hogy az iregszemcsei talajon kedvező, míg a putnoki savanyú talajon és a magyaróvári alacsonyabb humusztartalmú talajon, kedvezőtlen irányban változtak a humusz stabilitási szám értékek a növekvő műtrágyázási kezelések hatására. A humuszstabilitási koefficiens K-értékei is az egyes talajoknál, a humuszmunőség változásánál hasonló tendenciát jeleznek. A három talaj termékenységi sorrendjére és a talajok környezetvédelmi kapacitása szempontjából ezek a mutatók nagyon fontos információval szolgálnak.

2. táblázat. Az őszi búza és a kukorica produkciós faktorai 7-7 kísérleti évben (1988-2001). Viszonyítási alap a trágyázatlan NPK=000) kezelés termése=1,00

NPK	000	111	211	321	NPK	000	111	211	321
Agyagbemosódásosbarna erdőtalaj (112) Putnok Őszi búza					*Agyagbemosódásosbarna erdőtalaj (112)* Putnok) Kukorica				
1988	3,99	1,33	1,51	1,77	1989	5,49	1,46	1,72	1,66
1991	2,71	1,97	2,51	2,28	1990	3,06	1,35	1,29	1,00
1992	2,59	1,77	1,86	1,68	1993	4,59	1,14	1,03	1,24
1995	2,29	3,08	3,33	2,61	1994	3,20	1,31	1,13	1,26
1996	2,93	2,41	2,43	2,47	1997	5,15	2,19	2,29	2,35
1999	1,21	2,13	2,52	3,04	1998	6,78	1,33	1,65	1,63
2000	3,20	1,55	1,51	1,88	2001	5,13	1,25	1,58	1,50
Mészlepedékes csernozjom (191) Iregszemcse Őszi búza					*Mészlepedékes csernozjom (191)* Iregszemcse Kukorica				
1988	5,18	1,34	1,41	1,42	1989	6,51	1,16	1,21	1,22
1991	3,41	1,68	1,46	1,82	1990	2,63	0,76	0,79	0,47
1992	2,83	1,66	1,87	1,70	1993	9,46	1,13	1,14	1,10
1995	1,86	2,23	2,61	3,16	1994	7,55	1,44	1,47	1,38
1996	0,74	1,73	2,32	2,54	1997	7,79	0,97	1,33	1,41
1999	1,21	1,52	2,42	2,01	1998	6,52	1,81	1,89	1,80
2000	3,09	0,86	1,63	1,28	2001	6,74	1,30	1,34	1,33
Humuszos öntéstalaj (391) Mosonmagyaróvár Őszi búza					*Humuszos öntéstalaj (391)* Mosonmagyaróvár Kukorica				
1988	3,24	1,74	1,95	2,09	1989	7,22	1,19	1,12	1,15
1991	3,64	1,63	1,62	1,64	1990	2,35	0,89	0,76	0,53
1992	3,57	1,91	1,84	1,83	1993	7,70	0,91	0,90	0,88
1995	2,04	1,84	1,95	2,38	1994	6,00	1,28	1,19	1,04
1996	2,90	1,39	1,71	1,36	1997	9,37	0,97	1,14	1,37
1999	1,70	2,99	3,02	2,36	1998	8,60	1,25	1,25	1,47
2000	3,51	1,23	1,16	1,72	2001	2,76	1,06	1,43	1,38

Búzánál: kg/ha/év
111=N100P60K100
211=N150P60K100
321=N200P120K100

Kukoricánál: kg/ha/év
111=N100P60K200
211=N150P60K200
321=N200P120K200

3. táblázat. Talajtulajdonságok mutatói 1999-ben a tartamkísérletek talajaiban

Kísérleti helyek	NPK kezelések kódjai				NPK kezelések kódjai			
	000	111	211	321	000	111	211	321
	Talajtípus				$pH_{(KCl)}$			
PU	agyagbem.barna erdőtalaj				4,91	4,49	4,56	4,37
IR	mészlepedékes csernozjóm				7,35	7,42	7,43	7,40
MO	humuszos öntéstalaj				7,57	7,61	7,62	7,61
	AL-P_2O_5 mg/kg talaj				AL-K_2O mg/kg talaj			
PU	63	115	77	125	171	305	256	246
IR	146	177	217	269	141	269	267	243
MO	167	201	234	323	117	167	195	169
	Összes N mg/100 g				C/N arány			
PU	129	143	131	122	8,8	8,2	8,8	9,5
IR	122	134	138	177	9,9	9,2	9,2	7,2
MO	93	93	102	98	10,4	10,3	9,0	9,5
	Humusz %				Szén(C) %			
PU	1,91	2,00	1,97	1,98	1,11	1,16	1,15	1,15
IR	2,07	2,13	2,18	2,19	1,20	1,24	1,27	1,27
MO	1,66	1,64	1,58	1,59	0,96	0,95	0,92	0,92
	Q-érték				K-érték			
PU	1,40	0,82	0,52	0,49	0,75	0,41	0,27	0,25
IR	5,97	8,66	8,92	8,63	2,90	4,05	4,04	3,91
MO	3,75	2,93	2,70	2,65	2,25	1,77	1,69	1,66

Q=humuszstabilitási szám K=humusz stabilitási koefficiens

Irodalomjegyzék

Debreczeni Bné - Németh T. - Tóth G. 2003. A földminőség tápanyag tényezője. Földminősítés és Földhasználati Információ. Keszthely. Szerkesztők: Gaál Z.-Máté F.-Tóth G.) 39-48.

Hargitai L. 1962. Humuszanyagok optikai tulajdonságai és nitrogéntartalmuk közötti összefüggés. Mezőgazdasági Kiadó. 1962. 3-20.

Hargitai L.1983. Természetes állapotú, művelt és mesterséges talajok szerves-anyag gazdálkodása. Doktori értekezés, MTA Budapest.

Kemenesy E. 1972. Földművelés – Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Máté F. 1960. Megjegyzések a talajok termékenységük szerinti osztályozásához. Agrokémia és talajtan. 9. 419-426.

Máté F. 1999: A termőföld minősítése a főbb növények termesztésére való alkalmasság alapján. In: A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei (szerk. Stefanovits P.-Micheli E.) „Magyarország az ezredfordulón" Stratégiai kutatások az MTA-án. ISBN 963 508 163 4.100-109.

Stefanovits P. 1999. A talaj minőségétől a földértékelésig. In: Stefanovits P.-Micheli E. A talajminőségre épített EU-konform földértékelés elvi alapjai és bevezetésének gyakorlati lehetőségei. „Magyarország az ezredfordulón" Stratégiai kutatások az MTA-án. 9-19.

Települési szilárd hulladéklerakók biológiai rekultivációjának problémái

Heil Bálint – Bidló András – Kovács Gábor
Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar,
Termőhelyismerettani Intézeti Tanszék,
9400 Sopron, Ady E. u. 5., E-mail: bheil@emk.nyme.hu

Összefoglalás

A települési szilárd hulladéklerakók biológiai rekultivációjának általános célja mindig a hulladékfelület letakarása, valamint a lerakó tömegének a természetes környezetéhez történő minél harmonikusabb illesztése volt. Míg az 1996 előtti időszakban az előírások hiányában általában felső műszaki védelem nélkül valósították meg ezt a biológiai rekultivációt, addig az Európai Uniós jogharmonizációhoz kapcsolódóan az utóbbi években jelentősen megváltoztak az erre vonatkozó törvényi előírások.

A változás legfontosabb eleme az, hogy míg korábban a hulladék tér elzárására csak egy egyszerű talajréteg felhordása volt szükséges, amelyre úgy lehetett növényzetet telepíteni, hogy annak gyökerei növekedésük során korlátlanul behatolhattak a szeméttérbe, addig az újfajta felső műszaki védelem egy összetettebb rétegrendet ír elő. Ez a rétegrend a biológiai rekultiváció során ökológiailag egészen más, főleg a fás szárú növényzet számára igen kedvezőtlen körülményeket jelent, jelentősen korlátozva a maximális termőréteg-vastagságot.

A fenti szabályozásnak megfelelően kialakított Dunakeszi-1.sz. települési szilárd hulladéklerakón megvizsgáltuk a biológiai rekultiváció során kialakult ökológiai, termőhelyi körülményeket. A mindössze átlagosan 90 cm vastag fedő talajréteg kedvezőtlen fizikai és kémiai tulajdonságai következtében a rekultiváció során végzett erdőtelepítés nagyon rossz eredményű volt. A homokos szövetű termőrétegben az iszap+agyag frakciók együttes aránya helyenként kevesebb mint 5%. A géppel való felhordás miatt a pórustér is helyenként igen alacsony volt (36-59%), magas térfogattömegekkel (1584-1374 g/dm^3). A laboratóriumi pF-méréseink kimutatták, hogy termőrétegben tárolható diszponibilis vízmennyiség mindössze 21-88 mm.

A viszonylag száraz klíma (542 mm átlagos évi csapadékösszeg) mellett a talaj vízháztartását tovább rontotta a homok mésztartalma (4.4-12.5%) a fiziológiai szárazság révén. Talajjavító anyag feltalajba való keverése ellenére is jórészt alacsony volt a humusztartalom (0.18-1.72%), valamint a nitrogén (0.02-0.35%), AL-P és AL-K ((2.7-13.4 ill. 0.6-7.3 mg/100g) mennyisége.

Eredményeink alapján – a hasonló felső műszaki védelemmel ellátott hulladéklerakókra is érvényesen – ajánlásokat adtunk a biológiai rekultiváció végrehajtásának módjára, melyek közül a legújabb törvényi rendelkezésben több szempont is érvényesült.

Summary

The biological recultivation of waste deposits should at first cover the waste surface, than take charge of rejoining it into the surrounding natural landscape. Until 1996 the task was only to cover the landfill with some – not exactly defined – soil material, and than to plant some trees or shrubs on it. For the rest nature took care.

The aim of this study was to summarize the experiences gained during biological recultivation of landfill sites with an upper technical closure construction, a technical regulation valid since 1996 in Hungary. This type of recultivation sets far different circumstances for the plants of the cover, as in former recultivations, where top capping didn't have to contain a sealing layer, so that roots could penetrate the dumped waste material. The technical closure of landfill sites delimits the growth potential of the closures' plants, especially in areas with a climatically determined water deficit. Further negative effects of landfill gases contribute to these limitations.

We have examined the results of the reclamation process of the non-hazardous municipal waste landfill of the town Dunakeszi, NW of Budapest. The poor physical and chemical properties of the soil materials of the in average only 90 cm thick capping contributed to the bad results of the afforestation during the recultivation. The proportion of the silt and clay fractions were in the sum less than 5 %. Due to the process of filling up the capping with machines, the pore volume was in some parts of the closure very low (36-59%), with high bulk densities (1584-1374 g/dm^3). Our pF measurements showed, that the possible storable amount of plant available soil water was only between 21 and 88 mm in the whole thickness of the capping material.

In addition to the relatively dry climate of the region (average annual precipitation of 542 mm), the calcium-carbonate content (4.4-12.5%) of the sandy capping material can lead to physiological dryness in some parts of the vegetation period. Despite the amandement of 2 tonnes of a biological organic mixture to the soil, humus (0.18-1.72%), nitrogen (0.02-0.35%), AL-P (2.7-13.4 mg/100 g) and AL-K (0.6-7.3 mg/100g) contents of the capping´s soil layers were relatively low.

We have given some proposals for the recultivation of municipal waste landfills with similar upper technical closure constructions, which were partly comprised in the newest regulations too.

Bevezetés, problémafelvetés

A gazdasági tevékenységek során keletkező és a kommunális eredetű hulladék mennyisége az egész világon, így hazánkban is gyors ütemben nő. Míg a regisztráltan összegyűjtött szilárd hulladék mennyisége Magyarországon 1965-ben még csak 3 millió m^3 volt, addig ez a mennyiség 1990-re már kb. 20 millió m3-re növekedett (igaz, eközben térfogattömege 0,5 t/m^3-ről 0,2 t/m^3-re csökkent) (Moser és Pálmai, 1992). A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium közlése szerint 1994 és 2004 között az évente keletkező települési szilárd hulladék mennyisége másfélszeresére nőtt (www.kvvm.hu), a növekedés üteme tehát jelenleg is nagy.

A hulladék eltávolításának egyik módja a települési szilárd hulladéklerakókban történő rendezett lerakás. A lerakásra természetesen elsősorban olyan területeket használnak fel, amelyek termékenysége, illetve művelhetősége az egyéb célú emberi beavatkozás (pl. bányászat, nagyarányú tereprendezés) következtében jelentősen és tartósan megromlott, viszont kialakításuk miatt megfelelnek nagyobb mennyiségű hulladék tárolására. Ezen területek művelhetőségének helyreállítását, ismételt termővé tételét nevezzük *rekultivációnak* (Vermes, 1998).

A települési szilárd hulladéklerakók biológiai rekultivációjának legfőbb szakmai célja kezdetben alapvetően a hulladékfelület letakarása, és a lerakónak a természetbe történő visszaillesztése volt. A rekultivált területek fenntartásának egy további fontos alapelve – az erózió és defláció megelőzése céljából – az állandó növényborítottság megőrzése és növelése (Stefanovits, 1977).

Egészen 1996-ig a hulladéklerakók biológiai rekultivációja nem állt másból, mint valamilyen – nem meghatározott – minőségű talajréteg ráhordásából, majd annak valamilyen szintű – általában csekély mértékű – növényesítéséből. A további „feladatokat" elvégezte a természet (Barótfi, 2000).

Napjainkra a biológiai rekultiváció ökológiai feltétele gyökeresen megváltozott. Ennek legfőbb oka, hogy az előírásoknak megfelelően a hulladéktér és a növényi vegetáció hordozására alkalmas talajréteg közé felső műszaki védelem létesül. Ez azt jelenti, hogy a hulladék felszínre egy több funkciós talaj-rétegrend kerül úgy, hogy a talajrétegek között még a geoműanyag rétegek használata is előfordulhat. Míg korábban, felső műszaki védelem nélkül a növényi vegetáció gyökérzete számára termőrétegként gyakorlatilag rendelkezésre állott a teljes hulladéktest, addig ez a növőtér erősen lecsökkent a felső műszaki védelem rétegrendjében sajátos szigetelő feladatot ellátó talajréteg miatt.

A hulladéklerakók rekultivációjának törvényi háttere

Hazánkban a hulladékokra vonatkozóan a jogszabályok egészen 2000-ig csak kormányrendelet, illetve miniszteri rendeletek szintjén, elsősorban a veszélyes hulladékok káros hatása elleni védelem érdekében szabályozták a különféle tevékenységeket.

Az Európai Uniós csatlakozásunkat követően az EU 1999 évi 31. számú irányelvéhez igazodóan, hazánkban megalkották a Hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. Tv. végrehajtási utasítását a hulladéklerakás, valamint a hulladéklerakók lezárásának és utógondozásának szabályairól és egyes feltételeiről. Az ehhez kapcsolódó 22/2001. (X. 10.) számú KöM rendelet volt érvényben, amikor az itt ismertetésre kerülő vizsgálatainkat végeztük. Munkák elvégzésében fő célunk éppen az volt, hogy ezen rendelet hiányosságait feltárjuk, és módosításához szakmailag megalapozott útmutatással járuljunk hozzá.

Időközben 2006. április 13-án hatályba lépett a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről szóló 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet. Egyidejűleg hatályát vesztette a 22/2001. (X. 10.) KöM rendelet a hulladéklerakás, valamint a hulladéklerakók lezárásának és utógondozásának szabályairól és egyes feltételeiről. Írásunkban be fogjuk mutatni azt is, hogyan valósultak meg törvényhozási szinten egyes általunk is javasolt változtatások.

A felső műszaki védelem kialakításának követelményei

Az általunk vizsgált nem veszélyeshulladék-lerakókra vonatkozóan a 22/2001. (X.10.) rendelet függelékben írja elő az alsó és felső (lezáró) rétegek anyagát vastagságát, minőségi követelményeit. A felső lezárás rétegrendje a hulladékfelszíntől felfelé haladva a következő:

- 50 cm vastag kiegyenlítő homokos kavics gázelvezető réteg,
- 2x 25 cm vastag természetes szigetelőréteg (vagy ezzel egyenértékű egyéb mesterséges szigetelő réteg), $k<10^{-9}$ m/s,
- természetes anyagú ($k>10^{-4}$ m/s) szivárgó paplan, vagy ezzel egyenértékű mesterségesen kialakított szivárgó réteg,
- min. 1 m vastag földtakarás, melynek felső 0,4 m-es rétege humuszban gazdag.

A biológiai rekultiváció ökológiai körülményei a 22/2001. KöM rendelet hatálya idején

A rekultivált hulladéklerakók felső műszaki védelmének egyik következménye, hogy a gyökérzet számára **korlátozott termőréteg-vastagság** áll csak rendelkezésre. Ez erősen behatárolja a növényzet által felvehető víz- és tápanyagmennyiséget. Ezen túlmenően bizonyos fás szárú fajokat azért nem lehet telepíteni, mert egy a szabályozás szerinti, minimális 1 méter vastag vegetációs fedő talajrétegben nem biztos, hogy az esetleg viszonylag magasra növő faállomány viharálló lesz.

A lefedett terület vegetációja kialakításában problémát okozhat az **éghajlati vízhiány** (vagyis *légköri szárazság*). Ez akkor lép fel, ha az optimális növényi biomassza termeléshez szükséges evapotranszspirációs vízmennyiség nagyobb, mint a rendelkezésre álló vízmennyiség. Ilyen viszonyok általában a vegetációs idő magas hőmérsékletű periódusában léphetnek fel. Az ország sík és dombvidéki területein létesített kommunális hulladéklerakók többnyire ilyen területen létesülnek (Szász és Tőkei, 1997).

További gondot okozhat az a jelenség, hogy a depóniában lévő szerves anyag bomlása, átalakulása során hő fejlődik. Ez a hő a felszíni **talaj**rétegekben is megjelenik, annak **hőmérsékletét megemeli**, ezzel erősen befolyásolva a növényzet növekedését (Haider, 1996).

A kommunális hulladékok lerakását és betömörítését követően, a beinduló mikrobiológiai, kémiai folyamatok eredményeként **depóniagáz keletkezik**. A bomlás során gázkomponensként vízgőz, N_2, némi H_2, CO, de legfőképpen CO_2 valamint CH_4 távozik a hulladékból. A depóniagázban kis mennyiségben előfordulnak még ammónia, kénhidrogén, és egyéb kénvegyületeket is (Haider, 1996).

A hulladéklerakók lezárása után a keletkező depóniagázok eltávolítása telepített gázkutakkal történik. Jól beszabályozott, aktív gázelszívás mellett a depóniagázok nagy részét – a felső lezárást, rekultivációt követően akár 60-80 %-át – elszívják, hasznosítják, ill. ártalmatlanítják. (Speriling Hansen Associates et al., 2006; Ádány és mtsai, 2006).

Egyes gázok közvetlenül **mérgező hatást** fejtenek ki. Ez – különösen a mélyebb rétegekben – a gyökerek pusztulásához, illetve növekedésük gátlásához vezethet, illetve meggátolhatja azt, hogy a gyökérzet a teljes termőréteg vastagságot kihasználja (Gilman et al., 1982; Ádány és mtsai, 2006).

A depóniagázok másik hatása az, hogy **a talajból kiszorítják** *a vizet*. Ezt két módon érik el: egyrészt a pórustérben meggátolják a víz mozgását, másrészt a talajkolloidok aktív felületéhez kötődve csökkentik a víz tárolását a talajban. Az eltávozó gázok vízpárát is szállítanak magukkal a talajból. A depóniagázok talajt szárító hatása éppen a vegetációs időben a legnagyobb (Flower et al., 1981; Ádány és mtsai, 2006).

A depónia gázok harmadik káros hatása az, hogy **a talajból kiszorítják az oxigént**. Oxigén-szegény környezetben a legtöbb növény gyökere nem képes megfelelően fejlődni, ami szintén megnehezíti a víz- és tápanyagfelvételt (Flower et al., 1981; Ádány és mtsai, 2006).

Fentiek alapján a 22/2001. (X. 10.) KöM rendelet a felső műszaki védelem kialakítására vonatkozóan több szempontból elégtelen szinten kezelte a biológiai rekultiváció koncepcionális kérdéseit, ugyanakkor **akár 30 éves utógondozási kötelezettséget** is róhatott az üzemeltetőre! Az utógondozásnak pedig nagy hányadát a lerakó felületére telepített növényi vegetáció fenntartása ápolása, gondozása képezi.

Anyag és módszer

A szilárd hulladéklerakók rekultivációjának eddigiekben vázolt általános problémáinak felülvizsgálatára Dunakeszi település 1. számú hulladéklerakójának rekultivációját vizsgáltuk meg részletesen. Vizsgálatainkra azért volt szükség, mert a biológiai rekultiváció során telepített lágy- és fás szárú növényzet növekedése a kezdeti 1-2 év sikerei után jelentősen lelassult, sőt igen sok növény kipusztult, a talajfelszín jelentős részén még a lágyszárú borítás is eltűnt.

A Dunakeszi-1. hulladéklerakó története

A területet 1980-ig gyenge növekedésű, 2. és 3. generációs, sarjaztatott akác erdőállományok borították. 1980-1985 között homokbányaként üzemelt, majd az 1987-ben elkészült elsődleges tervek alapján 1995-ig nem veszélyes, szilárd kommunális hulladék elhelyezésével hasznosították. Az időközben bekövetkezett törvényi módosítások miatt 1996-1997-ben szükségessé vált a hulladéklerakó rekultivációs terveinek megváltoztatása. A hulladéklerakó lezárása felső műszaki védelemmel 1997 szeptemberében valósult meg.

Klimatikus adottságok

Mivel a rekultiváció helyszínén (Dunakeszi) nincs meteorológiai mérőállomás, a földrajzi elhelyezkedés, adottságok alapján Vác városának állomásán rögzített éghajlati adatokat használtuk fel. Megszerkesztettük és elemeztük Vác községhatárra az elmúlt négy évtizedre vonatkozó Walter-diagramot, és összehasonlításul a környék még két meteorológiai állomása (Gödöllő és Pomáz) Walter-diagramját is (nincs mellékelve).

Talaj- és növényvizsgálatok

A felső védelem kialakításának felülvizsgálatára a 10,5 ha-os területen 3 talajszelvényt nyitottunk, közöttük pedig 22 helyen Pürckhauer fúróval vettünk mintákat. Utóbbiak voltak hivatottak annak ellenőrzésére, hogy a termőréteg itt leírt kialakítása az egész területen megfelelően megtörtént-e, a talajszelvények nyitásával pedig a termőréteg talajminőségének pontos leírása történt meg.

A szelvényekből és a fúrási pontokon vett talajminták kémiai és fizikai paramétereit laboratóriumban elemeztünk (pH(H_2O), pH(KCl), $CaCO_3$, AL-P, AL-K, összes só%, szóda lúgosságot, összes nitrogéntartalom, humusztartalom, mechanikai összetétel (talaj szövete) és a váztartalom). A talajszelvényekből vett bolygatatlan minták esetében a pórustér nagyságának és eloszlásának meghatározására pF méréseket is végeztünk.

A biológiai rekultiváció sikerének nyomon követése céljából a fúrási pontokban meghatároztuk a lágy- és fásszárú növényzet összetételét, a felszín borítását. Adatainkat összehasonlítottuk a területen korábban, rendszeres időközökben elvégzett növényfelvételezés adataival. A korábbi felvételek sor került a különféle fafajok gyökérfeltárására is.

Talajhőmérséklet, gázképződés alakulásának vizsgálata

A depóniában található szerves anyag bomlása hőt termelő folyamat, így megnövelheti a talaj hőmérsékletét. Ennek becslésére a terület kezelői 9 helyen helyeztek el talajhőmérőket, illetve egy helyen mérték a levegő hőmérsékletét.

Bár a mérések rendszertelenek voltak mégis lehetővé tesznek bizonyos mértékű összehasonlítást.

A depóniában képződő gázok összetételének és mennyiségének meghatározására saját méréseket nem végeztünk, de rendelkezésünkre álltak mérési adatok 1997-ből (a depónia 1997 őszi betakarását követő időszakból), valamint 2001. novemberében további gázdinamikai és gázösszetételi vizsgálatok eredményei.

Eredmények és értékelés

Ahogy Magyarországon általánosan is, a rekultivált területen különösen érvényes, hogy a klimatikus paraméterek közül a csapadékviszonyok a meghatározóak a növényzet szempontjából.

A terület az erdős-sztyepp és a cseres kocsánytalan tölgyes erdészeti klímakategória határán fekszik, a négy évtizedes adatok kiértékelése alapján. Az éves csapadék sok éves átlaga 542 mm. Ez nagyjából megfelel a területi párolgás sokévi átlagának. Ugyanakkor a csapadék mennyisége az erdős-sztyepp klímára jellemző érték alsó határán van, ami arra mutat, hogy kedvezőtlen talajtani adottságok között itt zárt erdőállományok csak igen nehezen tarthatók fent.

További gondot jelez az éves csapadékmennyiség erős ingadozása. Az elmúlt években az éves csapadék ritkán érte el a sokévi átlagot. Emiatt több olyan év is volt, amikor a növények rá voltak szorulva a talajban tárolt, illetve a talajvízből számukra elérhető vízre. Az éves csapadék mennyisége mellett figyelmet érdemel a tenyészidőszaki csapadék mennyisége is. Ez Vác adatai alapján, a területen 314 mm, ugyanakkor az elmúlt évtizedben ez az érték 197 és 511 mm között változott.

A felső műszaki védelem kialakítása

Dunakeszi környékének legfontosabb (holocénkori) felszíni geológiai képződménye a folyami homok, amely a pleisztocén kori teraszkavicsra települt. Ezen a homokon létesült a szemétbánya is. A rekultiváció során a hulladéklerakó területét mesterséges talajráhordással zárták le. Követelmény volt a felül ráhordott termőréteg teljes elzárása a hulladéktól, ezért először egy vízzáró agyagréteg terítésére és bedöngölésére került sor, 2 x 30 cm vastagságban. A dokumentáció alapján erre az agyagrétegre terítették utána el a - legnagyobb részben – homokos szövetű feltalajt, átlagosan 80 cm mélységben, majd legfelül egy humuszos felső réteg elhelyezése volt előírva. A növényzet gyökerei számára csak a vízzáró agyagréteg feletti rétegek összessége áll rendelkezésre termőrétegként.

A talajfúrások és a három talajszelvény összesen 25 ponton szerzett adatai alapján a termőréteg (az agyagos vízzáró réteg feletti összes rétegvastagság)

átlagos mélysége 89,6 cm, azaz ≈ 90 cm-rel számolhatunk. A fedőréteget eredetileg ugyan 1 m vastagságban terítették el, de időközben a talaj természetes tömörödése játszódott le.

A kommunális hulladéklerakók termőrétege általában az eredeti termőréteg visszatöltésével keletkezik. Ugyanakkor a hosszú ideig, igen vastag rétegben történő tárolás a talajéletet jelenősen károsíthatja, ezért Dunakeszin a feltalajba hektáronként 2 tonna Biovin márkanevű talajjavító anyagot kevertek be. A termőréteg felső, humuszos – gyengén humuszos talajrétegének átlagos vastagsága méréseink alapján 37,9 cm, ezen vastagságban azonban igen nagy szórás (47 %) volt tapasztalható.

Talajvizsgálatok eredménye és értékelése

A fúrási pontokban a legfelső, kb. 25 cm-es talajréteg átlagos humusztartalma 0,86%. Ezen értékek homokos szövetű talajnál a humuszban szegény kategóriába tartoznak. Az alacsony szerves anyag tartalom a talajban kedvezőtlen a növényzet fejlődése szempontjából. A homokos szövetű talaj amúgy is gyenge tápanyag-szolgáltató képességét az alacsony humusztartalom csak kevéssé javítja.

A nitrogéntartalom átlagos értéke 0,08%, a talaj felső rétege nitrogénben gyengén ellátott.

A foszfortartalom a felső 25 cm-ben átlagosan 4,5 mg P_2O_5/100 g talaj (abszolút szórás 2,8) értékű volt. A terület foszfor tápelem-készlete igen alacsony.

A káliumtartalom ugyanitt átlagosan 2,9 (2,1) mg K_2O/100 g talaj. A talaj kálium készlete szintén igen alacsony. Az egyes fúrási pontok különbségeit figyelembe véve, mind a humusztartalomra, mind az AL-P és AL-K tartalmakra igaz volt, hogy a fásítás szempontjából sikertelen, nyílt foltokban mértük a legalacsonyabb készleteket, igaz a különbség nem volt jelentős a terület többi részeihez képest. Egy ilyen határtermőhelyen azonban, ahol a fás növényzet életfeltételei csak igen korlátozottan vagy egyáltalán nem adottak, ez a kis különbség is lehet a fák pusztulásának egyik oka.

A fedőréteg talajának vizes pH-ja átlagosan pH(H_2O)=8,1 értékű volt, csak igen kis abszolút szórást (0,1-0,2) mutatva. A kálium-kloridos kémhatás értékei is csak kisebb ingadozást mutattak a területen, átlaguk 7,3. Mindezek alapján a terített talajrétegek kémhatása a gyengén lúgos – lúgos tartomány határán van. Ezen pH-értékeknél ugyanis a talaj gyengébb vízellátottsága mellett már erősen gátlódhat a tápanyagok feltáródása. Figyelembe véve, hogy mind a humusztartalom, mind a N, P és K mennyiségei alacsonyak voltak a termőréteg egészében, a talaj tápanyag-háztartása a kémhatás alapján is kedvezőtlen.

A vizsgált területen a szénsavas mésztartalom átlaga a 25 felvételi pontban, a talaj felső 25 cm-es rétegére nézve 8,1% (abszolút szórás 2,50). A terület mésztartalom szempontjából is homogénnek tekinthető. A közepes

mésztartalom (homoktalajoknál 15% felett számítana önmagában talajhibának) még nem jelent talajhibát, de ha figyelembe vesszük az eliszapolható részek, vagyis az agyag- és iszapfrakció igen alacsony arányát (ld. később ezen pontban), a vízháztartásra és azon keresztül a tápanyagháztartásra kedvezőtlen hatásúként értékeljük, a mész jelenléte ugyanis a talajban várhatóan fiziológiai szárazságot okoz.

Szikesedésre utaló jelet nem találtunk, mindössze három fúrási pontnál találtunk alacsony összes sótartalmat a vizsgálat (0,003-0,005 %, I. szikosztály). Fenolftalein lúgosság pedig csak a 11. pontban volt nyomokban fellelhető. A terület tehát nem mutat szikesedésre utaló jeleket, ami a talajvíztől való elzártsággal mindenképpen összefügg. A szikesedés veszélye mindössze esetleges öntözéses eljáráskor jelentkezhetne, az öntözővíz minőségétől is függően, ám ezen technikai megoldás – a terület hasznosításának jellege miatt – itt kizárt.

A termőréteg felső 25 cm-ének itt jellemzett kémiai tulajdonságaival erősen összefügg, azokat jelentősen módosíthatják a fizikai tulajdonságok. Az eliszapolható részek együttes mennyiségére a 25 pont átlagában 11,5 %-ot (abszolút szórás 7,1) állapított meg. Az adatok azt mutatják, hogy a talaj ásványi részeinek szemcseösszetétele a durva homok fizikai talajféleséggel jellemezhető. Az egységnyi térfogatba eső talajszemcsék összes felülete viszonylag alacsony. Az ilyen tulajdonságú talajok vízbefogadó képessége egy-egy csapadékeseménykor ugyan igen jó, de a víz a durva pórusokban hamar a mélybe szivárog, a talaj azonban nem tudja tartósan visszatartani a vizet, hogy hosszabb ideig bocsáthassa azt a növények rendelkezésére. Mivel a homoknak nem csak az összes külső felülete kicsi, de ásványi összetételére a kvarc nagy aránya is jellemző, ezért a depónia felső műszaki lezárása talajának tápanyagtartó, tápanyag szolgáltató képessége is igen gyenge.

A 3 feltárt talajszelvény adatai összhangban vannak a fúrási pontokon vett talajminták vizsgálati eredményeivel. További információt adnak ezen túlmenően a mélyebb (25 cm-től az agyagos vízzáró rétegig terjedően) talajrétegek talajának minőségéről. A szelvényekből már az is látszik, hogy az alacsonynak mondható humusz-, N-, P- és K-tartalom nagyjából a talaj felső 50 cm-es rétegében jelentkezik, lejjebb gyakorlatilag tápanyagmentes durva homok alkotja a talajt. Tovább rontja ezt a képet az is, hogy az 1. szelvényben már 25 cm mélységtől, a 2. és 3. szelvényekben 54 ill. 53 cm mélységtől a 25%-ot eléri a $CaCO_3$-tartalom, ami már önmagában is talajhibának számít.

Az eliszapolható részek aránya ezen mélyebb rétegekben még alacsonyabb, mint a felszín közelében, mindössze 3 – 9 % mennyiséget (!) mértünk. Az ilyen magas mésztartalmú altalajban, a durva homok fizikai féleség, a gyakorlatilag teljesen hiányzó tápanyagmennyiség igen kedvezőtlen körülményeket jelent a növényzet számára. A gyökerek a fiziológiai szárazság, a kedvezőtlen kémiai közeg miatt ezen rétegekben nem tudnak megfelelően fejlődni, nagyrészt

visszaszorulnak a felső 25-50 cm-nyi talajrétegekbe. Ilyen körülmények között zárt, fás növényzet kifejlődéséhez nem elegendőek a talaj nyújtotta adottságok.

A bolygatatlan talajminták alapján a talaj térfogattömege 1,374 g/cm^3-től 1,574 g/cm^3-ig terjed a homokos termőrétegben, a bedöngölt agyagrétegben pedig 1,493-1,578 g/cm^3. A teljes pórustér nagysága a termőrétegben 39-45%.

A három szelvényben mért térfogattömeg és pórustér % adatok alapján a felhordott a termőréteg nagyjából a természetes állapotú talajok átlagos tömörségi fokát mutatja, helyenként azonban a pórustér erősen lecsökkent, a talaj levegőzöttsége ott nem megfelelő.

A talajszelvényekből vett minták elemzése alapján elkészített pF-görbék lefutása mindhárom szelvényben egységes képet mutat: a termőrétegként terített rétegek egyformán gyengén tudják csak visszatartani a vizet. A vízzáró agyagrétegben pedig már kis nedvesség esetén is elzáródnak a pórusok, így a csapadékvíz nem juthat le a lefedett szemétrétegbe. A talajfelszínre érkező csapadéknak nagy része – az összes pórustér mintegy felét-háromnegyedét is kiadó durvább pórusokban – a gravitáció hatására igen gyorsan eljut a vízzáró agyagrétegig. Az agyagréteg felszínén aztán lejtőirányban, a felszínnel párhuzamosan elfolyik a víz, a termőréteg alsó kb. 5 cm-es rétegében átmenetileg levegőtlen viszonyokat okozva. Erre utalnak a domb oldalában és aljában feltárt szelvények alsóbb szintjeiben talált vasszeplők, melyek az időszakos vízhatás következtében jönnek létre. Hiába képes tehát a lehulló csapadékot gyorsan felvenni a talaj, nem fogja tudni visszatartani azt a növények gyökereinek táplálására, a csapadékmentes köztes periódusok idejére.

A pF-vizsgálatok alapján kiszámítottuk a termőréteg víztartó képességét is, vízoszlop-mm-ben kifejezve. A felső lezárás termőrétege – a három szelvényből számított átlagban – csak 56 mm csapadékot képes összesen egyszerre, a növények által is felvehető formában tárolni (1. szelvény: 21 mm(!); 2. szelvény: 55 mm; 3. szelvény: 88 mm).

Irodalmi források alapján tudjuk, hogy hazánkban az akác éves vízigénye nagyjából 280 mm, az erdei fenyőé 205 mm, a feketefenyőé 185 mm, a kocsányos tölgyé 440 mm, a nemes nyaraké 680 mm, a hazai nyaraké 800 mm. Így csapadékmentes időszakban a rekultivált területen a fás növényeknek a talajból csak 1-2 hétre megoldott a vízellátása. Hosszabb száraz periódus esetén aszálykár várható, feltételezhetően a terület nagy részén ez volt a fák tapasztalt pusztulásának legfőbb oka.

A talajhőmérséklet-többlet hatásának értékelése

Az adatsorok rövidsége ellenére egyértelműen kiderült, hogy a depónia melletti erdőben elhelyezett talajhőmérők átlagosan kb. 5°C-al alacsonyabb értékeket jeleztek, mint a depónia felső műszaki lezárásán elhelyezett hőmérők. Ez két okra vezethető vissza: az egyik a depóniában felszabaduló hő talajmelegítő hatása, a másik az erdőállomány alatti kedvező mikro-klimatikus

viszonyok. A két tényező hatását – az eddigi vizsgálatok alapján – egyelőre nem tudjuk különválasztani.

A depónia talajában mért magasabb hőmérséklet negatívan befolyásolja a növényzet növekedését, mely hatások lényegét az irodalmi áttekintésben részleteztük.

A depóniagáz toxikus hatásának értékelése

Az 1997-ben elvégzett mérések kimutatták, hogy a rekultivált depóniából 1000 m^3/óra hozammal, tekintélyes metánkoncentrációval rendelkező gázmennyiség távozik a hulladéktestet átfúró kutakból, valamint gázmigrációval, a rekultivált felületen keresztül.

Bár a gázok talajban lévő pontos koncentrációját nem ismerjük, a terepi vizsgálatok során, a szelvényekben egyértelműen érezhető volt „gáz-szag", így feltételezhető, hogy a kiépített gáz elvezető rendszer és záró agyagréteg ellenére a talajba jelentős mennyiségű juthat a fenti gázokból. Ezt erősítették meg a 2001. novemberében külső szakértők által elvégzett gázdinamikai és gázösszetételi vizsgálatok, melyek szerint a képződött gázok közel azonos arányban távoznak a szellőző kutakon keresztül, valamint a szigetelő agyagrétegen átdiffundálva, a gyökérzónán át. Ez különösen az alsóbb rétegekben a gyökerek pusztulásához, illetve növekedésük gátlásához vezethet, annak ellenére, hogy a talaj szövete kedvező a kiszellőzés szempontjából. A csekélyebb kiterjedésű és felszínhez közelebb elhelyezkedő gyökérzet megnehezítheti a növények vízfelvételét.

Elősegíti ezt a folyamatot az, hogy a hulladéktest felszíne a roskadás következtében folyamatosan süllyed, ami elkerülhetetlenül a záró takarás szigetelő rétegének megrepedéséhez vezet.

Az éghajlati vízhiány problémája a mérési eredmények alapján

A növényzet számára a vegetációs periódus legmelegebb, nyári hónapjaiban áll elő a legkedvezőtlenebb állapot: a tartósan magas hőmérséklet miatt – melyet az eltemetett szemétrétegben lejátszódó anaerob lebomlási folyamatok termelte hő tovább emelhet –az evapotranszspiráció fokozott.

A vízzáró agyagréteg feletti termőrétegben gyökerező növényzet egyedüli vízforrása a csapadék. A gyökerek nincsenek kapcsolatban a (valószínűleg több méterrel a vízzáró agyagréteg alatt elhelyezkedő) talajvízzel. A dombtetőről a csapadék gyorsan elszivárog a lejtő irányába, ami bizonyos többletvízforrást nyújt a domb oldalában és aljában lévő részeknek.

Míg a csapadék jelentős része tehát gyorsan elfolyik, addig a talajban átmenetileg visszatartott vízmennyiség sem áll teljes mértékben a növényzet rendelkezésére. A jelentős részében nyílt talajfelszín, a terület klimatikus viszonyai mellett nagy mennyiségű víz elpárolgását teszi lehetővé. A Szesztay-

féle módszer alapján a területen (az 1981-90-es éghajlati adatokat figyelembe véve) 475-500 mm körüli éves párolgást számítottak. Ezen értékek az utóbbi évekből többen is meghaladták az éves csapadékmennyiséget (ld. fent). A növényi párologtatásra ezek után már túl kevés csapadék marad, a kedvezőtlen talajadottságok és a viszonylag hosszú száraz, nyári időszak miatt még a szárazságot legjobban elviselő fajok is ki vannak téve a kiszáradás veszélyének. Zárt erdőállomány létrejöttének feltételei csak nehezen alakulhatnak ki, a növényzet hosszú szukcessziós sorával párhuzamosan a talaj adottságainak lassú javulása teszi azt csak lehetővé.

A biológiai rekultiváció sikerének vizsgálati eredményei

A biológiai rekultiváció a felső műszaki védelem kialakítása (1997. szeptember) több lépésben valósult meg. A gyepesítésre 1997. októberében került sor, a szarvasi Öntözési Kutató Intézet által javasolt összetételű fűmagkeverék került felhasználásával. A fa és cserjefajok telepítése 1998/99. tenyészeti évben történt. Ennek keretében – a helyi adottságoknak megfelelően – csak szárazság és mésztűrő, továbbá alacsony légpára és tápanyag igényű fajok kerültek telepítésre. Ezek elsősorban a karsztbokor erdők és pusztai tölgyesek harmadrendű fa- és cserjefajai voltak, illetve néhány külhonos faj.

A biológiai rekultiváció több éven át végzett monitorozása azt mutatta, hogy elegendő volt egyetlen aszályos év ahhoz, hogy a gyepesítés és fásítás kezdeti sikere nagymértékben lecsökkenjen. 2000 évben az évi csapadék 400 mm alatt maradt, ami a gyep foltokban történő elhalásához, valamint a fásszárúak jelentős részének pusztulásához vezetett.

A fászszárúak közül az ezüstfa, kinincs, tamariska és a betelepült nemesnyarak rendelkeztek a legnagyobb vitalitással. Ugyan kezdetben a karsztbokorerdők fa- és cserjefajai közül a galagonya, kökény, fagyal, vadkörte, zöldjuhar, virágos kőris, mezei juhar és sajmeggy összességében jelentős mennységben voltak megtalálhatóak, de ezek jóval gyengébb vitalitást mutattak és fokozatosan visszaszorultak. Néhány év után szórványosan megjelent a szürkenyár, bálványfa, néhány helyen az ostorfa és erdeifenyő.

A lágyszárúak közül terjedni kezdett néhány invazív faj, mint a parlagű és a szíriai selyemkóró. Ezek visszaszorítása beavatkozást igényelt (Glialkás permetezés és kaszálás)!

A fásítás fejlődését leginkább az egyes évek meteorológiai viszonyai, elsősorban a csapadék mennyisége alakították. A behatárolt termőréteg vastagság miatt a talaj víztározó képessége nem igen növelhető. A vízhiány öntözéssel való pótlása sajnos a csurgalékvíz képződés veszélye miatt nem megengedett. A 2000-es és 2003-as rendkívül aszályos évek után bebizonyosodott, hogy csak az erősen szárazságtűrő fajok telepítése lehet sikeres, olyan hálózatban, hogy a növényzet összes vízigényét a mesterségesen kialakított termőréteg fedezni tudja.

Ajánlásaink és megvalósításuk a legújabb törvényi rendelkezésekben

Vizsgálataink kiértékelése után, a 2005-ös év második felében, a felső műszaki védelemmel ellátott települési szilárd hulladéklerakók biológiai rekultivációjának megvalósításakor az alábbi szempontok figyelembe vételét javasoltuk:

1.) A korábbi rendelkezésekben a felső műszaki védelem kialakításakor előírt, minimálisan 1 méteres talaj fedőréteg kialakítását nem tartjuk elégségesnek. Ilyen vékony takarás esetén – a felső műszaki védelem záró rétegének megóvása érdekében – az erős karógyökérzettel rendelkező, magasra növő fafajok kiirtása szükséges, így a biológiai rekultiváció lehetőségei, vagyis a fásítás és a fásszárúak természetes megtelepedése erősen korlátozottak. A vékony termőréteg az ilyenkor általánosan felhasznált talaj anyagok kedvezőtlenebb tulajdonságai miatt is jelentősen megnehezíti a rekultivációt.

A felső védelem talajtakarása anyagának minőségétől függően javasolható a talajjavító adalékanyagok alkalmazása is. Természetesen lehetőség szerint egyéb mezőgazdasági talajjavító módok is alkalmazhatók, pl. pillangósok fasorok közti vetése, stb.

2.) A felső műszaki védelem záró rétegének megóvása érdekében az erős karógyökérzettel rendelkező, magasra növő fafajok kiirtása szükséges. Lehetőség szerint olyan őshonos fafajok telepítését javasoljuk, melyek erősen szárazság és melegtűrők, alacsony tápanyagigényűek és sekély gyökérzettel rendelkeznek.

3.) A hulladéktérben képződő jelentős gázmennyiség elvezetésére a passzív elszívó rendszerek – vizsgálataink alapján – nem tűnnek elégségesnek. A felső műszaki védelem talajrétegein átszivárgó gázok számos negatív hatása erősen csökkenti a biológiai rekultiváció sikerének esélyét. Aktív gázelszívó rendszer kiépítését javasoljuk, ami a hulladéklerakó megfelelő minimális mérete esetén gazdaságosan megoldható feladat.

4.) A hulladéktér természetes ülepedése miatt a záró agyagréteg kialakítása előtt tanácsos lenne bizonyos időtartam kihagyása a lezárás után.

5.) Az utógondozás szükségessége miatt javasolt a rekultivált terület rendszeres monitorozása.

6.) Bár az itt ismertetett projektben magunk talajbiológiai vizsgálatokat nem végeztünk, tanácsosnak tartanánk hasonló esetekben bizonyos egyszerűbb talajbiológiai vizsgálatok elvégzését, annak felderítésére, hogy a mesterségesen létrehozott humuszos fedőrétegben nyomon követhessük a talajélet regenerációját, megindulását.

A vizsgálataink elvégzését követően, 2006. április 13-án hatályba lépett a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről szóló 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet. Az alábbiakban azon pontjai emeljük ki, melyek korábbi ajánlásainkkal összhangban vannak.

1.) A rendelet 4. számú melléklete fogalmazza meg a hulladéklerakó lezárásával, utógondozásával, rekultivációjával kapcsolatos követelményeket.

A végleges felső záróréteg rendszer természetes anyagú szigetelőrétege felett, a szivárgó-szűrő réteg és a fedőréteg összvastagsága most már legalább 1,5 m kell, hogy legyen. A fedőréteg funkciója továbbra is a csurgalékvíz minimalizálása, az alatta lévő rétegek védelme, a növényzet telepítéséhez szükséges, megfelelő környezet biztosítása.

2.) A felső záróréteg rendszer legfelső eleme az ún. vegetációs réteg. Ennek funkciója a víznek az alsóbb rétegekbe való bejutásának akadályozása, illetőleg az erózióval szembeni védelem. A rendelet ajánlása szerint nem mélygyökérzetű, kis tápanyagigényű, szárazság- és forróságtűrő növényekből létesítsük, amelyek megfelelnek az ökológiai környezetnek is.

3.) A hulladéklerakó-gáz ellenőrzése céljából a rendelet előírja a keletkező gázok rendszeres eltávolítására, gyűjtésére és kezelésére vonatkozó kötelezettséget. A hulladéklerakó típusától függően bizonyos esetben nemcsak az elvezetésről kell gondoskodni, hanem mindaddig, amíg a keletkező gáz gazdaságosan hasznosítható, gondoskodni kell a hulladéklerakó-gáz felhasználásáról is. Ha a hasznosítás nem gazdaságos, akkor gondoskodni kell a gáz biztonságos ártalmatlanításáról (pl. fáklyázással történő elégetéséről).

4.) A rendelet 15. § (3) pontja szerint a hulladéklerakó lezárására a lerakott hulladék szervesanyag-tartalmától függően két ütemben kerülhet sor, ha a hulladékban lévő szerves összetevők biológiai lebomlásának meggyorsítása és a hulladéktest stabilizálódása érdekében átmeneti felső záróréteg rendszer alkalmazása indokolt. A biohulladék lebomlása következtében ugyanis a hulladéktestben roskadás, a felszínén jelentős süllyedések várhatóak, ami a végleges felső záróréteg rendszer egyenlőtlen süllyedéséhez, repedezéséhez vezetne, és ez a szigetelőképesség romlását okozná. Az átmeneti felső záróréteg viszont lehetővé teszi elegendő vízmennyiségnek a hulladéktestbe való bejutását, ezáltal meggyorsítva a lerakott hulladékban lévő szerves összetevők biológiai lebomlását. A végleges felső záróréteg rendszer kialakítására akkor kerülhet sor, ha a stabilizálódási folyamat a hulladéktestben gyakorlatilag befejeződött.

5.) A jelenleg érvényes jogszabály előírja a rekultivált hulladéklerakók utógondozásának kötelezettségét, amely magában foglalja egy monitoringrendszer üzemeltetését is.

Irodalom

Ádány, M., Bartha, P., Bánó, L., Bidló, A., Heil, B., Kovács, G., Szikra, D. és Székely Á. (2006): A felső műszaki védelemmel ellátott települési szilárd hulladéklerakók biológiai rekultivációjának koncepcionális kérdései. Kézirat.

Barótfi István (2000): Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Flower, F.B., Gilman, E.F. and I.A. Leone (1981): Landfill gas, what it does to trees and how its injurious effects may be prevented. Journal-of-Arboriculture. 7(2): 43-52.

Gilman, E.F. Leone, I.A. and F.B. Flower (1982): Influence of soil gas contamination on tree root growth. Plant-and-Soil, 65(1): 3-10.

Haider, K. (1996): Biochemie des Bodens. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapja: http://www.kvvm.hu

Moser, M. és Pálmai Gy. (1992): A környezetvédelem alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Speriling Hansen Associates, Golder Associates, Sylvis Environmental, Sharp and Diamond, and Golf Design Services (2006): Closure Plan for the Western 40 ha at the Vancouver Landfill. Final report.

Stefanovits P. (1977): Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Szász, G. és Tőkei L. (szerk., 1997): Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó.

Vermes László (1998): Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Biológiai és biokémiai vizsgálatok egy eróziós katénán

Szeder B.[1] *– Simon B.*[1] *– Dombos M.*[2] *– Szegi T.*[1]
[1]Szent István Egyetem, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, Gödöllő;
[2]Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest

Bevezetés

Hazánkban a mezőgazdasági művelés jelentős része évszázadok óta meszes löszön kialakult, jó minőségű mezőségi talajokon történik, melyek természetes állapotukban termékeny talajok. E területek nagy hányadán azonban valamilyen leromlást tapasztalunk, mint például a szerves anyag csökkenést, talajtömörödést, eróziót és/vagy szerkezeti degradációt, gyakran a helytelen talajhasználat miatt. Ezeket a degradációs folyamatokat többnyire biológiai degradáció (fajgazdagság csökkenése) is követheti (GARDI, 2002). A talajfauna fontos szerepet tölt be a biomassza lebontásában, a talaj ásványi és szerves anyagának összekeverésében, a talajszerkezet kialakulásában, illetve egyéb folyamatokban, amelyek befolyásolják az egészséges talajfunkciók kialakulását (SZABÓ, 1989). LARSEN és munkatársai (2004) laboratóriumi körülmények között azt vizsgálták, hogy a talajtömörödés hogyan hat a talajlakó (eu-edafikus) ugróvillások egyedszámára. Megállapították, hogy a talaj szerkezete és a pórustér csökkenése (a durva pórusok />120 μm/ számának csökkenése) a két meghatározó paraméter a talajlakó ugróvillások egyedszámánál. Megállapították, hogy a talajban lejátszódó fizikai degradációs folyamatokat többnyire biológiai degradáció (egyedszám csökkenés) is követheti (LARSEN ET AL., 2004). A talajlakó ugróvillások egyedszámát befolyásolják a következő fizikai paraméterek: a talaj pórusainak mérete, száma, a járatrendszerek összeköttetése, a nedvességtartalom, a hőmérséklet (DIDDEN, 1987; HOPKIN, 1997; JOOSSE, 1981).

Célkitűzésünk az volt, hogy a fizikai leromlás és a biológiai, illetve biokémiai tulajdonságok között kvantitatív kapcsolatot keressünk egy eróziós grádiens mentén. Feltételezhetően nemcsak az abiotikus tényezők (talajnedvesség, tömörödés), hanem a biotikus tényezők is, mint pl. a mikrobiológiai aktivitás is fontos ökológiai szerepet játszanak a talajfauna kialakulásában. Ezen tényezők megfelelő vizsgálata jó alapot nyújthat a talaj biológiai állapotának felmérésében. Vizsgálatunk során a talaj mezofaunájának egy csoportjára összpontosítottunk, nevezetesen az ugróvillásokra (Collembola), mint reprezentatív csoportra. Az ugróvillások ökonómiai jelentősége elsősorban a gombafonalakkal illetve bomló növényi maradványokkal való táplálkozás. A mikorrhizák növekedésének ill. gombabetegségek szabályozásában játszanak hasznos szerepet (SERES ET AL., 2003).

Anyag és módszer

Mintavételi terület

A mintavételi vizsgálatainkat Józsefmajorban, a Szent István Egyetem Tangazdaságában végeztük. Négy talajszelvényt vizsgáltunk meg és írtunk le részletesen, amelyek az eróziós grádiens mentén helyezkednek el, jól mutatva az erózió különböző fokozatait (1. ábra: erózió mentes, ún. referencia szelvény; kis mértékben erodált; nagymértékben erodált szelvények; illetve a felhalmozódási terület). Egy tizenegy pontból álló eróziós fokozat mentén történt a mintavételezés az ugróvillások fajszámának és összegyedszámának vizsgálatához (1. ábra). A mintavételi helyek kb. 20 méterre helyezkedtek el egymástól. Az első négy helyszín a nem erodált területen volt, az 5-8. mintavételi a helyek a kis mértékben, míg a 9-10. helyek a nagymértékben erodált területen helyezkedtek el. Az első két szelvény mészlepedékes mezőségi talaj, a harmadik földes kopár és a felhalmozódási területet reprezentáló szelvény mezőségi területek lejtőhordaléka.

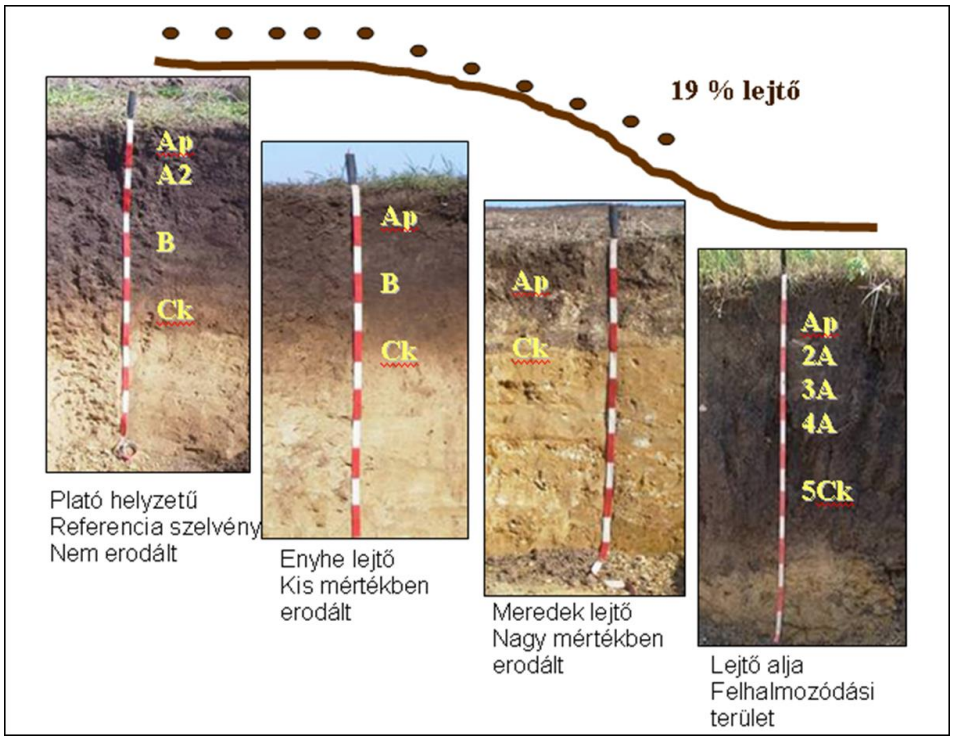
Laboratóriumi vizsgálatok

A következő általános kémiai és fizikai laboratóriumi vizsgálatokat végeztük el: szerves anyag tartalom meghatározás Walkley-Black módszerrel (Walkley, 1947); kationcsere-kapacitás meghatározás a módosított Mehlich módszerrel; pH(H_2O) és pH(KCl) meghatározás; a talaj szövetének a meghatározása, a $CaCO_3$ tartalom elemzés Scheibler módszerrel, valamint a talaj térfogattömegének meghatározása (Buzás, 1988). Egyszerűsített nedvesség-visszatartó képesség meghatározása (INDEX, 2003).

A következő biokémiai vizsgálatokat végeztük el: vízben oldható szén (WSC) és szénhidrátok (WSChy) meghatározása (Garcia, 1997); valamint enzimvizsgálatok: ureáz, és ß-glükozidáz aktivitás meghatározása (Garcia, 1997).

Ugróvillások közösségeinek vizsgálata

Egy-egy mintavételi helyen négy pontról történt a mintázás 5 cm átmérőjű műanyag hengerekbe, a talaj felső 5 cm-es rétegéből. A mintákat a laboratóriumban módosított Tullgren futtatóba helyeztük az ugróvillások kinyerésére. Ennek elve, hogy a mintákat felülről fűtjük, alulról hűtjük, hogy biztosítsuk a talaj kiszáradását, illetve az ugróvillások lefelé vándorlást. Az ugróvillások tölcséren keresztül egy alkoholt tartalmazó felfogó edénybe esnek (COLEMAN ET AL., 2004).



1. ábra. A talajdegradációs szintek topográfiai elhelyezkedése

Vizsgálati eredmények

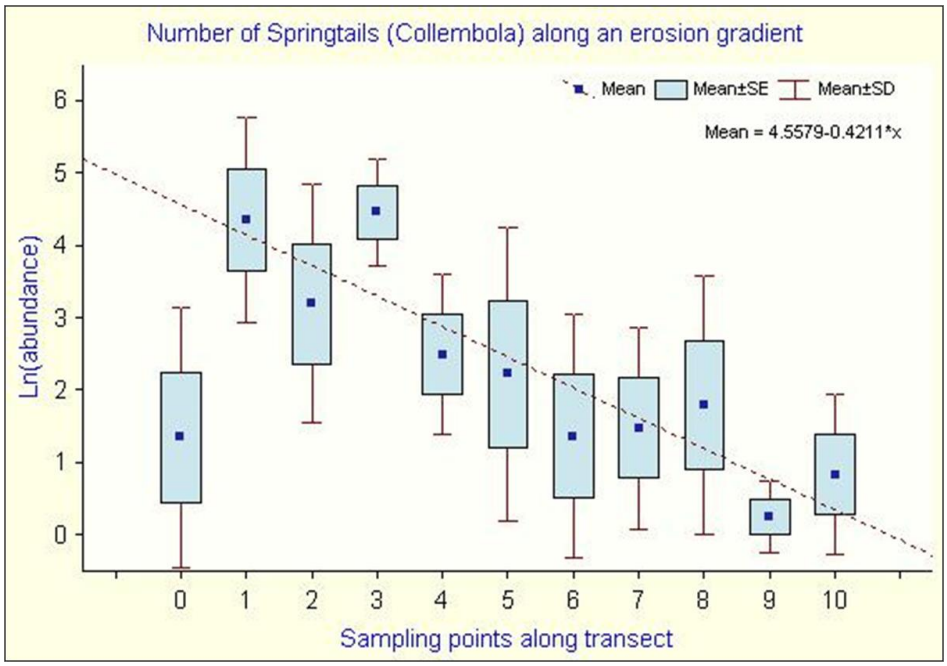
A laboratóriumi vizsgálatok eredményei az 1. táblázatban láthatók. A humuszos szint mélysége a várakozásnak megfelelően a nem erodált szelvény esetében volt a legnagyobb (90 cm), majd 40 cm, illetve 10 cm volt a kis mértékben, illetve a nagymértékben erodált területeken. A felhalmozódási területen pedig 80 cm-es mélységet mértünk. A szerves anyag és a kationcsere-kapacitás értéke (T-érték) csökkenő volt az erózió fokozódásával. Mindkét paraméter esetén a legkisebb értéket a nagymértékben erodált területen, míg a legnagyobb értéket a felhalmozódási területen mértünk. A vízben oldható szén (WSC) hasonló tendenciát mutatott. A $CaCO_3$ tartalom a nagymértékben erodált területen volt kiugróan a legmagasabb, mivel a $CaCO_3$ gazdag talajképző kőzet a felszínhez közel került. Kisebb ureáz és ß-glükozidáz aktivitást mértünk a nagy mértékben erodált területen, amely arra utal, hogy kisebb a biológiai aktivitás ezen az erodáltsági fokon. A térfogattömeg értéke a legnagyobb a kismértékben erodált területen volt.

1. táblázat. Kémiai, fizikai és biokémiai laboratóriumi adatok a négy vizsgált szelvény legfelső genetikai szintjére vonatkozóan

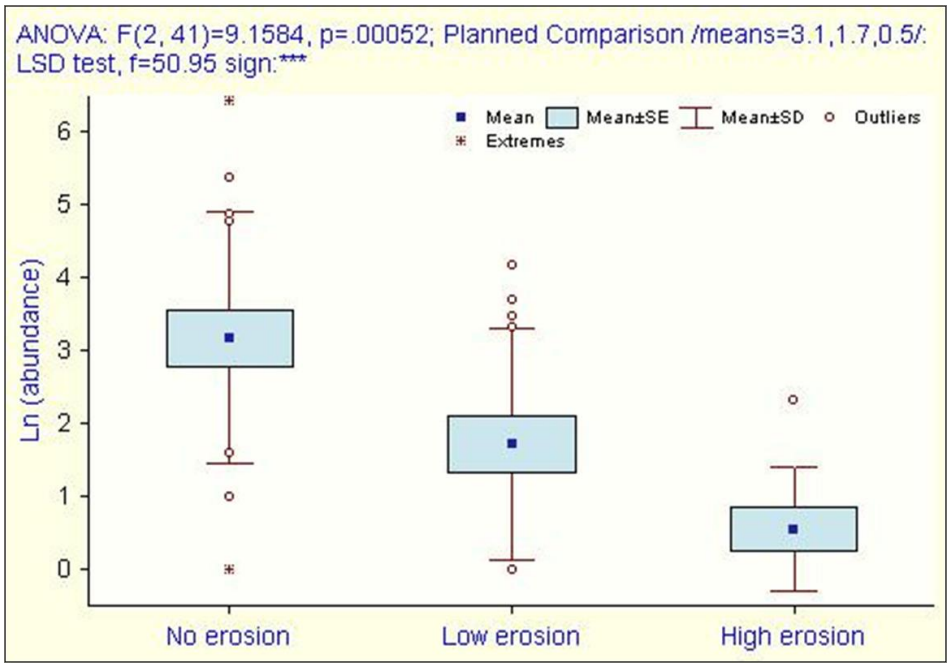
Szelvény	HV	Sza	WSC	$CaCO_3$	T-érték	pH	Ureáz	B-Gl	Szövet	Térf. tömeg
(felső szint)	cm	(%)	ppm	(%)	cmol/kg		µmols	µmols	FAO	g/cm^3
Nem erodált	90	2,2	106,2	0	30	6,1	0,75	21,14	av	1,4
Kissé erodált	40	1,5	103,6	0	28	6,1	0,66	17,20	av	1,5
Nagyon erodált	10	0,5	95,5	12	24	8,1	0,49	12,44	av	1,3
Felhalmozódási	80	2,5	119,2	2	40	7,6	1,28	35,61	av	1,2

HV – humuszos szint vastagsága (cm); Sza – szerves anyag (%); WSC – vízben oldható szén (ppm);); T-érték – kationcsere-kapacitás (cmol/kg); Ureáz – ureáz aktivitás (µmols $N\text{-}NH_4^+$/g.h); ß-Gl – ß –glükozidáz aktivitás (µmols PNF/g.h Térf. tömeg – térfogattömeg (g/cm^3); av – agyagos vályog

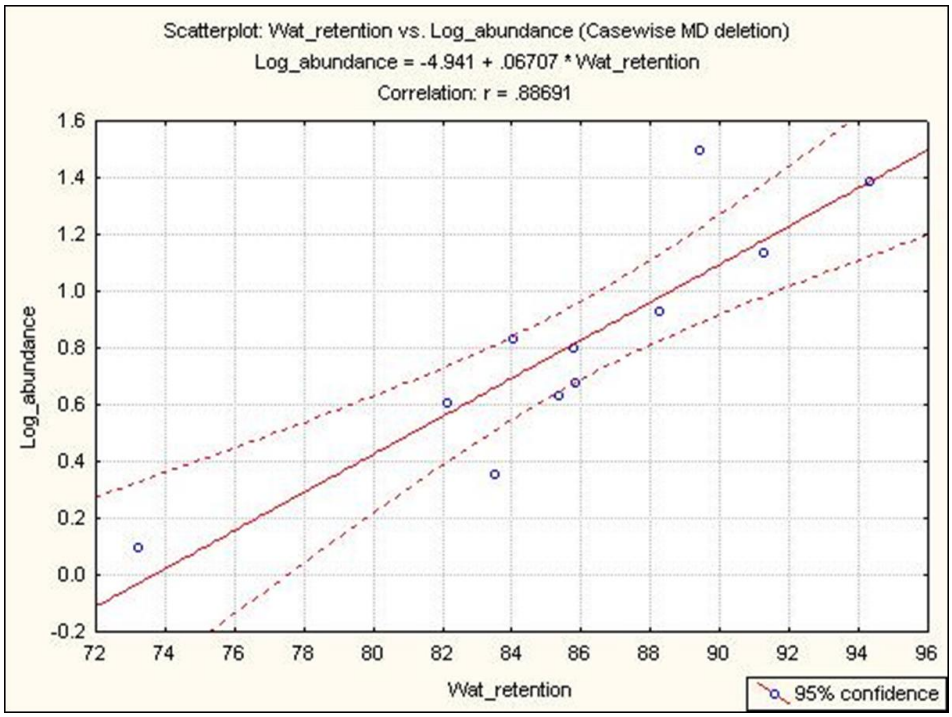
Az 1. vizsgálatot 2005 őszén végeztük el. Az eróziós fokozat mentén mértük az ugróvillások egyedszámát tizenegy mintavételi helyen. Az összegyedszám csökkenő tendenciát mutatott az eróziós fokozat mentén (2. ábra). Ez alól az első mintavételi hely a referencia szelvénynél kivétel volt, itt ugyanis az ugróvillások száma jóval alacsonyabb volt a többi ponton számolt értéknél, feltehetően mintavételi hiba miatt. A talajban élő ugróvillások számában szignifikáns különbségek ($F_{(2,41)} = 9,2$; $p < 0,001$) mutatkoztak a három eróziós fokozat között (nem, kis mértékben és nagymértékben erodált). A nem erodált területhez képest a közepesen erodált területen 40%-os, a nagyon erodált területen 75 %-os összegyedszám csökkenést tapasztaltunk (3. ábra). A talaj egyszerűsített nedvesség-visszatartó képességének vizsgálatából szintén szignifikáns különbség adódott az ugróvillások számában a három eróziós szint között (K-W $H_{2,9} = 7,2$; $p = 0,03$). Az ugróvillások egyedszáma jól korrelált a nedvesség-visszatartó képességgel ($r = 0,89$) (4. ábra).



2. ábra. Ugróvillás egyedszámok az eróziós fokozat mentén



3. ábra. Ugróvillás egyedszámok a három degradációs szinten (referencia szelvény; kissé erodált; nagyon erodált)



4. ábra. A talaj nedvességvisszatartó képessége és az ugróvillások egyedszáma közötti összefüggés

A 2. vizsgálat során 2006-ban a három évszak (tavasz, nyár, ősz) összegzéseként hasonló eredményeket kaptunk, mint az 1. vizsgálat során. Vizsgálataink alapján szignifikáns különbségeket találtunk a szerves anyag tartalomban, illetve a humuszos szint mélységében a különböző degradációs szinteken. A szerves anyag tartalomban 60%-os csökkenést tapasztaltunk a nagyon erodált területen a referencia területhez képest. A fizikai és kémiai degradációnak kevéssé kitett területeken mértük a legnagyobb ugróvillás egyedszámokat.

A referencia területhez képest a nagyon erodált területről vett mintákban 75%-al kevesebb egyedet találtunk. Magas (r^2=0,81) korrelációt találtunk a szerves anyag tartalma és az ugróvillások egyedszáma között. Várakozásainknak megfelelően a talajlakó ugróvillás fajok denzitása a degradációs szintekkel arányosan változott, vagyis a legnagyobb mértékben erodált területen találtuk a legkisebb egyedszámot. A *Ceratophysella armata* forult elő a legnagyobb egyedszámban a jó minőségű területeken, és az erodált területen volt a legkisebb denzitása. Az *Entomobrya handshini, Folsomia cf. penicula* és *Heteromurus nitidus* fajok a nagyon erodált területen is viszonylag nagy egyedszámban voltak jelen.

Következtetés

A degradációs hatást, melynek mérhető fizikai és kémiai paraméterei voltak, mérhető biológiai válaszok követték. Ez a nedvesség visszatartó képesség és a szerves anyag tartalom ugróvillások egyedszámával való összefüggésében volt a legszembetűnőbb. A különbségek a feltételezett módon, a következőképpen jelentkeztek: a talaj minőségének romlásával arányosan az ugróvillások közösségei is megváltoztak, vagyis csökkent az egyedszám és a fajszám. Ez részben annak köszönhető, hogy az abiotikus környezet meghatározza az ugróvillások létfeltételeit is. Az ugróvillások érzékenyen reagáltak a környezeti hatásokra, mely megmutatkozik a korrelációk szorosságában. A különböző ugróvillás fajok eltérően reagáltak a degradációs hatásra. Az *Entomobrya handshini, Folsomia cf. penicula,* és *Heteromurus nitidus* fajok a nagyon erodált területen is viszonylag nagy egyedszámban voltak jelen a rosszabb abiotikus környezet ellenére. Ebből arra következtetünk, hogy vannak fajok, melyek sokkal érzékenyebb választ adnak az abiotikus környezetben történt változásra, illetve sok faj nem képes elviselni a rosszabb körülményeket, így a degradatív fajok, mivel a kompetitív fajok száma lecsökkent, jobban érvényre jutnak, akár meg is nőhet az egyedszámuk. Ez újabb kérdéseket vet fel a környezeti állapot jellemzésével kapcsolatban. Ez a jövőben további vizsgálatokat tesz szükségessé.

Irodalomjegyzék

BUZÁS, I. (Szerk.) 1988. Talaj- és agrokémiai talajvizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

COLEMAN, D. C., D. A. CROSSLEY, P. F. HENDRIX. 2004. Fundamentals of Soil Ecology. Second Edition. Elsevier Academic Press. Amsterdam. p. 312-313.

DIDDEN, W. A. M., (1987): Reaction of Onychiurus fimatus (Collembola) to loose and compact soil. Method and first results. – Pedobiologia 30, 93-100.

GARCIA C., HERNANDEZ T., ROLDAN A. & ALBALADEJO J. (1997): Biological and biochemical quality of a semiarid soil after induced devegetation. – Journal of Environmental Quality 26, 1116-1122.

GARDI C., M. TOMASELLI, V. PARISI, A. PETRAGLIA, C. SANTINI. (2002): Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. European Journbal of Soil Biology 38 (2002) 103-110.

HOPKIN P. S. (1997): Biology of the Sprigtails (Insecta: Collembola). – Oxford University Press, p. 330.

JOOSSE E. N. G. (1981): Ecological strategies and population regulation of Collembola in heterogenous environments. – Pedobiologia 21, 346-356.

INDEX, Nr. GOCE-CT-2003-505450

LARSEN, T., SCHJONNING, P., AXELSEN, J., 2004. The impact of soil compaction on euedaphic Collembola. Applied Soil Ecology 26, 273-281

SERES A., BAKONYI G., POSTA K., 2003. Ugróvillások (Collembola) szerepe a *Glomus mosseae* (Zygomycetes) arbuszkuláris mikorrhiza gomba terjesztésében. Állattani Közlemények (2003) 88(1): 61-71.

SZABÓ I. M., 1986. Az általános talajtan biológiai alapjai. Magyar Mezőgazdasági Kiadó Kft. 210-218. o.

WALKLEY, A., 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63. 251–263.

Térbeli talajinformációs rendszerek pontosságának és megbízhatóságának növelése

Pásztor László – Szabó József – Bakacsi Zsófia
Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
GIS Labor, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.; e-mail:pasztor@rissac.hu

Összefoglalás

Mind a talajtérképek, mind a térbeli talajinformációs rendszerek alkalmazhatósága nagyban függ pontosságuktól. A térképektől elvárt alapvető gyakorlati haszon a térbeli predikció, melynek lényege, hogy az ismert helyeken vett mintákra a helyszínen vagy laboratóriumban meghatározott értékek, vagy egy adott osztályozás alapján becslés adható az azonos vagy egyéb talajtulajdonságokra a környező terület tetszőleges pontjára vonatkozóan. Ennek tradicionális eszköze a hagyományos talajfolt térkép. Lényege, hogy a térképezendő területet olyan diszjunkt egységekre bontja, amelyeken belül a talaj változékonysága kisebb, mint a teljes területre vonatkozóan. A talajfoltok használata mögötti modell szerint a térképezett talajtulajdonság egy folton belül homogén, azaz azonosan jellemzi a terület minden egyes pontját, és csak a határok mentén ugrik; a talajfoltok mintegy rétegzik a varianciát. Vannak a hagyományos módszernél pontosabb térbeli becslést nyújtó, matematikailag megalapozott eljárások, a klasszikus megközelítésnek mindazonáltal még tág mozgástere van, a felhasználók többsége számára ugyanis ez nyújtja a legkönnyebben interpretálható eredményeket. A talajfolt térképek pontossága többféleképpen növelhető: a folthatárok mind pontosabb megrajzolásával; a talajfoltok térbeli finomításával, azaz minél kisebb inhomogenitások figyelembevételével; illetve a foltokra jellemző adatok pontosításával.

Summary

A key issue of applicability of both traditional soil maps and spatial soil information systems is their accuracy. Essentially, the main practical aim of soil surveys and soil maps is prediction. It simply means that certain soil feature is estimated for a whole region based on available soil data collected at localized sample points. The traditional tool of this information extension is the classical soil map using soil mapping units. Crisp soil maps subdivide the region into disjunctive units in a way that within heterogeneity of soil properties is less than for the whole territory. Numerous novel methods have been developed for producing more accurate soil maps; traditional crisp soil maps however are still extensively applied, since they offer the most easily interpretable results for the majority of users. On the other hand accuracy of crisp soil maps and mapping unit based spatial soil information systems can be increased in several ways: with the refinement of soil contours; with the subdivision of mapping units taking into consideration smaller within patch inhomogeneities; and with the refinement of attribute information (more recent data, more precise measurement, up-to-date methodology, more appropriate classification etc.).

Bevezetés

A talajokra vonatkozó információigény az utóbbi évtizedekben erőteljesen megnövekedett (Mermut és Eswaran 2000) és messze nem csupán az agrárium részéről. A kezdeti áttekintő, sematikus talajtérképek, majd a szisztematikus talajfelvételezéseken alapuló talajtérképezések mind a talajokra vonatkozó információkkal kapcsolatos társadalmi igények és kívánalmak kielégítésére születtek. Az információval szembeni aktuális elvárás, hogy az digitálisan és minél szélesebb körben legyen hozzáférhető, ennek köszönhetően vették át a legfőbb talajtani információhordozó szerepét a talajtani adatbázisok és térbeli talajinformációs rendszerek (Burrough 2005, Lagacherie és McBratney 2005), illetve ezek internetes (térkép)szervereken keresztül szolgáltatott változatai (Rossiter 2004).

Talajokra vonatkozó információra van szükség a földértékelésben, szaktanácsadásban, területi tervezésben, vízgazdálkodásban, a környezetvédelem számos területén, a gazdálkodással kapcsolatos lehetőségek, korlátok és problémák predikciójában, a degradációs folyamatok detektálásában, előrejelzésében, illetve számos, a klasszikus mezőgazdasági alkalmazásokon túlmutató, néha igen specifikus téma kapcsán, példaként említve: felszíni vizek algatoxin terhelés kockázat vizsgálata, gyomorrák elterjedésének vizsgálata, katonaföldrajzi információs rendszer kialakítása, környezetmérnöki talajtérképezés és kockázatértékelés, nagyfeszültségű villanyvezetékek nyomvonala által érintett területek jellemzése, régészeti korrelációs vizsgálatok, szikpadka geomorfológiai vizsgálatok, ürge élőhely térképezés, üvegházhatású gázok mérlegének becslése, a Vízkeret Irányelv bevezetésével kapcsolatos vízgyűjtő szintű hidrológiai modellezés, zivatarképződés vizsgálatok. Számos talajtani adatbázis szervesen beépül földhasználati és vidékfejlesztési (Thwaites 1999), agrár-környezeti programokba (Baylis és munkatársai 2004), alkalmazást nyer a környezeti modellezésben (Hubrechts et al. 1998), környezeti erőforrás felmérésben (FAO 1976) vagy akár kockázatbecslésben (Lim és Engel 2003).

A hagyományos talajfelvételezés és -térképezés idő- és költségigényes. Újabb, nagyobb területekre kiterjedő, hagyományos térképezési munkákra a közeljövőben nemigen lehet számítani. Napjainkban egyre kevesebb új adat gyűlik (Nachtergale és van Ranst 2002, Spaargaren & Dent 2006), csökken a talajtani szakemberek száma (Howell & Smith 2006, Pálmai 2006), ennek következtében drámai változások indultak a talajtérképezésben. A talajtani adatok gyűjtése olyan korlátozó tényező volt és egyelőre marad is, ami még akár a digitális talajtérképezés fejlődésének is komoly gátja lehet (Lagacherie 2006). Éppen az új mintavételezés magas költségei miatt kap egyre nagyobb szerepet a rendelkezésre álló információk mind alaposabb kiaknázása. Napjaink talajtérképezési tevékenységének a többsége nem új felvételezésekre, hanem a létezők felülvizsgálatára fordítódik Burt & al. (2006). A létező adatok digitális

archiválására, illetve mind teljesebb és magasabb fokú feldolgozására a világ más, fejlettebb tájain tett kezdeményezések (Selvaradjou & al. 2006; Rossiter 2006) is azt jelzik, hogy jelenleg az új felvételezésekből származó adatdömping helyett a rendelkezésre álló információk mind hatékonyabb és többrétűbb felhasználása okozza a nagyobb fejtörést a talajtan számára.

A korábbi térképezések, felvételezések által szolgáltatott és az aktuálisan megkívánt információk nem mindig fedik egymást. A térképezések célja, az annak alapján elvégzett munka, illetve az ezek eredményeképpen született adatok direkt módon nem feltétlenül alkalmazhatók egy adott, talajtani információkat igénylő problémakör kapcsán. Ennek egyik oka, hogy a hagyományos talajtérképezések során a felvételezés legfőbb szempontjai általában mezőgazdasági jellegűek voltak (Hubrechts et al. 1998), kezdetben a legfőbb felhasználók a gazdálkodók közül kerültek ki, így hosszú időn keresztül a talaj biomassza termeléssel kapcsolatos funkciói voltak fontosak. Napjainkban azonban egyre inkább felértékelődnek a környezet minőségével kapcsolatos talajfunkciók (Várallyay 2002) a társadalom egyre inkább igényt tart és a fenntartható fejlődés is a talaj multifunkcionalitására épít (Várallyay 2001). Új adatfelvételezés híján ezen ellentmondás feloldására az elméleti talajtantól várhatók megfelelő megoldások. Jelentős szerepet kapnak az egyes környezeti paraméterekre vonatkozó térképi alapú, digitális ismeretek, melyek egyrészt jelentősen kisebb költséggel beszerezhetők, másrészt a digitális talajtérképezés eszközeivel felhasználhatók a talajok bizonyos tulajdonságainak becslő meghatározására (ld. pl. Dobos et al. 2000, 2005; McKenzie és Gallant 2005). Megfelelő pedotranszfer függvények bevezetésével és kalibrációjával szintén jelentős előretörés várható a rendelkezésre álló talajtani információk sokrétű felhasználhatóságában (ld. pl. Wösten at al. 1998). Mindezen eszközök egyrészt megkönnyíthetik megbízható és multifunkciós (esetlegesen hierachikus, több szintű) térbeli talajinformációs rendszerek (TTIR) kialakítását, másrészt azonban nem nélkülözhetik a hagyományos talajtani tudást (Walter et al. 2005) és természetesen nem működnek adatok nélkül, amelyek elsődlegesen a terepen születtek/születnek (Webster 1997).

A digitális talajtérképezés (http://www.digitalsoilmapping.org/) a kvantitatív talajtérképezésben elért új eredményeket ötvözi a hagyományos talajfelvételezési tudással és integrálja térinformatikai környezetben (Lagacherie 2006). Alapfeltevése szerint -a dokucsájevi és Jenny-féle koncepció általánosításával- a talajtulajdonságok megfelelő pontossággal becsülhetők az adott helyen ismert egyéb környezeti változók segítségével, melyet kiegészít a további talajtulajdonságokra, illetve a helyre vonatkozó információ. Ezt az ún. SCORPAN egyenlet formalizálja (McBratney et al. 2003).Gyakorlatban leggyakrabban 3 környezeti segédváltozót (statisztikai értelemben prediktor változót) használnak (Dobos et al. 2006):távérzékelt képek (multi-, vagy akár hiperspektrális, gyakran többidőpontú),

- topográfiai információk (digitális domborzat modell és deriváltjai), segéd tematikus térképek (leggyakrabban felszínborítás, földhasználat, földtan, vízrajz etc.). A talajtérképektől elvárt alapvető gyakorlati haszon a térbeli predikció (Leenhardt et al. 1994), melynek lényege, hogy az ismert helyeken vett (lokalizált, georeferált) mintákra (szelvény, fúrás, helyszíni mérés etc.) a helyszínen vagy laboratóriumban meghatározott értékek, vagy egy adott osztályozás alapján egy nagyobb területre vonatkozóan becslés adható az azonos vagy egyéb talajtulajdonságokra. Ennek tradicionális eszköze a hagyományos talajfolt térkép. Lényegük, hogy a térképezendő területet olyan diszjunkt egységekre bontják, amelyeken belül a talaj változékonysága kisebb, mint a teljes területre vonatkozóan (Beckett és Webster 1971). A talajfoltok használata mögötti modell szerint a térképezett talajtulajdonság egy folton belül homogén, azaz azonosan jellemzi a terület minden egyes pontját, és csak a határok mentén ugrik; a talajfoltok mintegy rétegzik a varianciát. Vannak a hagyományos módszernél pontosabb térbeli becslést nyújtó, korszerű, matematikailag megalapozott eljárások (egy- és többváltozós, univerzális és kereszt krigelés, fuzzy módszerek etc.), a klasszikus megközelítésnek mindazonáltal még tág a mozgástere, a felhasználók többsége számára ugyanis ez nyújtja a legkönnyebben interpretálható eredményeket (Leenhardt et al., 1994).

A talajfolt térképek, illetve a folt objektum alapú térbeli talajinformációs rendszerek pontossága (geometriai és tematikus felbontás) többféleképpen növelhető: a folthatárok mind pontosabb megrajzolásával; a talajfoltok térbeli finomításával, azaz minél kisebb inhomogenitások figyelembevételével; illetve a foltokra jellemző adatok pontosításával (pontosabb mérés, aktuálisabb információ, korszerűbb módszertan, illetve osztályozás etc.). A térinformatikai környezetben a térképezés során gyakran komoly szerepet játszó klasszikus kartográfiai korlátok áthidalhatók. A térképi alapú környezeti segédinformációk segítségével a talajfolthatárok finomíthatók, a pedonok mind pontosabban lehatárolhatók. Az eredeti talajfoltok térbelileg finomíthatók, foltosztó határok rajzolhatók a minél kisebb folton belüli inhomogenitások figyelembevételével, amennyiben valamilyen forrásból ismert, hogy a folton belül talajtani inhomogenitás található.

Rossiter (2004) igen alapos nemzetközi áttekintése és felmérése szerint a jelenleg létező térbeli talajinformációs rendszerek döntő többsége regionális, országos szintű. Ez hagyományos kartográfiai léptékben kifejezve1:200.000-nél kisebb méretaránynak, azaz 400 méternél, illetve 16 hektárnál kisebb térbeli felbontásnak felel meg. Ez nem igazán meglepő, hiszen az ezek alapját adó eredeti talajtérképek is csak ritkán készültek el átfogóan, nagyobb területekre vonatkozóan, részletesebb felbontásban. Ha esetleg mégis, akkor is az első kialakításra kerülő térbeli talajinformációs rendszerekben, megfelelő informatikai tapasztalat és infrastruktúra híján, a kisebb ráfordítást igénylő kis léptékű (gyakran a részletesebb információk generalizálása révén született)

talajtérképek és adatok kerültek feldolgozásra. Térbelileg részletesebb felbontású talajtani információkra azonban sok felhasználónak lenne szüksége. A következő szintet az 1:200.000 és 1:20.000 közti kartográfiai méretarány, illetve az ennek megfelelő 40-400 m, illetve 0,16-16 hektár térbeli felbontás jelenti (Lagacherie & McBratney 2005). De még a legfejlettebb országok sem igazán képesek kielégíteni a világszerte gyors léptekben fejlődő téradat infrastruktúra elvárásait talajtani adatok vonatkozásában. Pedig többek közt az Európai Talajvédelmi Stratégia (CEC 2002) is megkívánja az INSPIRE alapelveknek megfelelő, térbelileg megalapozott talajtani információkat (Dusart 2005).

Térképi alapú talajtani információk Magyarországon és térinformatikai feldolgozásuk

Magyarországon számos terület, jelentős projekt igényli vagy fogja igényelni a közeljövőben az INSPIRE-ban is megfogalmazott alapelveknek megfelelő digitális, térképi alapú talajtani információt. Az agrár-környezet-gazdálkodás programok sikere megkívánja a célterület agrár-környezeti állapotának felmérését, a terület általános környezeti állapotának, agrárpotenciáljának, mezőgazdasági termelésre való alkalmasságának és talajok sérülékenységének és regeneráló-képességének megismerését (Németh et al. 2000; Magyari 2005). Az agrár-környezetgazdálkodási információs és monitoring rendszer (AIR) működése elképzelhetetlen megfelelő tematikus és térbeli részletességű, térképi alapú talajtani alapinformációk nélkül. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (VTT) keretében a Tisza mentén megvalósítandó tározók területén és környezetükben szintén fontos követelmény a talaj vízháztartásának jellemzése, a tájgazdálkodás feltételeinek talajtani szempontú értékelése, valamint a talaj nedvesség-forgalmának, a talajvízmérleg elemeinek, a talajkészletek térbeli helyzetének térségi szintű jellemzése és a talajállapot időbeni változásainak nyomonkövetése (Flachner et al. 2004). Részletes és megbízható talajtani információra azonban számos további terület is igényt tart: élőhely térképezés (Molnár et al. 1999), belvíz érzékenység térképezés (Pálfai et al. 2004; Pásztor et al. 2006), aszály érzékenység térképezés (Németh 2004) preciziós gazdálkodás (Tamás 2001), földértékelés (lásd később) etc.

Magyarországon az utóbbi közel 150 évben jelentős természetföldrajzi, talajtani információ gyűlt össze a kiterjedt talajtani-agrogeológiai felvételezéseknek köszönhetően. Az egymást követő térképezések felvételezési célja és módszere is különbözött, így az eltérő célok eltérő talajtani jellemzők hangsúlyozásához vezettek. Az összegyűlt adatok és az azok alapján szerkesztett térképek különböző léptékben születtek a gazdálkodásitól az országos szintig (Várallyay 1989, Várallyay 2002). A kisebb léptékűek országos fedettséget adnak, a részletesebbek ellenben nem. A legrészletesebb és még országosan elkészült térképi alapú talajtani adatrendszer a Kreybig-féle

Átnézetes Talajismereti térképezés anyaga, melynek adatgazdája az MTA TAKI.

Az elmúlt két évtizedben a térképi alapú talajtani információk jelentős része, bár főképpen a kisebb méretarányúak, kerültek digitális feldolgozásra és épültek be különböző térbeli (talaj)információs rendszerekbe (AgroTopo: Várallyay és Molnár, 1989, Szabó és Pásztor 1994; HunSOTER: Várallyay et al. 1994; MERA: Pásztor et al., 1998; SOVEUR: Várallyay et al., 2000). A részletesebb adatok feldolgozásának időközben megteremtődtek a technikai feltételei és az igény is megnőtt a közepes (átnézetes) és nagyléptékű digitális talajtani információkra, ezért előtérbe került az ilyen adatokat szolgáltatni képes rendszerek kialakítása (Pásztor et al, 2002b; Szabó, 2002; Dorka 2004; Szabó 2004; Takács et al. 2004; Tóth et al. 2006).

A talajtani információkra erősen alapozó precíziós gazdálkodáshoz kapcsolódó részletes tervezési feladatok és a hozzájuk kapcsolódó megvalósítások 1:10.000 - 1:1.000 méretaránynak megfelelő térbeli felbontású alapinformációkat kívánnak meg. A minél jobb térbeli felbontás kívánatos, de sok paraméter tekintetében ritkán teljesíthető. Az ilyen jellegű precíziós gazdálkodást támogató rendszerek mintaterületi, nem pedig országos kiépítettségű térinformatikai rendszerek kialakítását igénylik (Németh et al., 2002.). A hagyományos gazdálkodás keretei között a terepi adatgyűjtés eredményei a mezőgazdasági táblára, mint térbeli objektumra vonatkoztathatók. A precíziós gazdálkodás keretei között a mezőgazdasági tábla csak a vizsgálódás kereteit jelöli ki, az adatok vonatkoztatásához hiányzik a táblán belüli térbeli objektum (Várallyay, 2002.). A precíziós gazdálkodás filozófiai kulcskérdése ezen táblán belüli tulajdonság mintázat térbeli meghatározása. A talajművelési, trágyázási, növényvédelmi stb. feladatok végrehajtását pedig ezen mintázat határozza meg (Czinege et al., 2000.), mely részben az agroökológiai adottságokhoz, részben a dinamikusan változó kultúrállapothoz köthető. Az agroökológiai adottságok kifejezésére - jobb felbontású térképi alap hiányában - az üzemi és a földértékelési talajtérképek, a domborzati viszonyok, a talajvíz viszonyok az alkalmasak, míg a dinamikus jellegű kulturállapot meghatározása csak a mezőgazdasági táblákon belüli, helyszíni mintavételezésekre, a kapcsolódó vizsgálatokra vonatkozó idősoros adatok alapján végezhető. Ezen aktuális felvételezés során előálló információk természetesen felhasználhatók az alap agroökológiai mintázat pontosabb megragadására is, illetve a talajról rendelkezésreálló adatok aktualizálására.

Szintén jelentős térbeli talajinformációs igényt támaszt az elavult aranykoronás földminősítést felváltani hivatott, újfajta, intelligens környezeti szempontú földminősítési rendszer (D-e-Meter projekt; Gaál et al. 2003), melynek célja az Európai Uniós normákkal kompatibilis Internetes alkalmazások fejlesztése a mezőgazdasági műveléssel kapcsolatos irányítási, adatszolgáltatási, szaktanácsadási és piaci információs feladatok támogatására. A talajminőségen alapuló földértékelés nagyléptékű digitális talajtérképi

alapinformációt igényel. A hazai talajtérképezések során a változó igények és lehetőségek miatt eltérő módszertant alkalmaztak a talajfelvételezésre és térképszerkesztésre, emiatt az elkészült talajtérképek is különbözőek (üzemi genetikus talajtérképek, földértékelési térképek). A D-e-Meter rendszer kidolgozásakor az 1:10.000-es földértékelési térképek információtartalmából indultak ki (Tóth et al. 2006). Az ország területének jelentős részére azonban nem állnak rendelkezésre ezen térképek, másrészt viszont elérhetők, beszerezhetők és feldolgozhatók egyéb térképi alapú vagy térbeli objektumokhoz köthető talajfelvételezési adatok (üzemi genetikus térképezés, mintateres földértékelés). A D-e-Meter program adatigényének kielégítéséhez olyan módszertan(ok) kialakítására van szükség, amely(ek) a rendelkezésre álló talajtani információkból képes(ek) előállítani az adott területre vonatkozóan a földértékelési térképezés során el nem készült térképi anyag (eredeti módszertan szerinti) digitálisan emulált változatát.

A ‘60-as, ‘70-es években készült 1:10.000-es üzemi genetikus talajtérképek talajfolt központú információ tartalmának „földértékelési térképezés konform” kibővítéséhez szükséges a térképezési munkák helyszíni felvételi és laboratóriumi jegyzőkönyveinek feldolgozása. A mintateres földértékelés - mintegy a földértékelési térképezés megalapozásaként- filozófiájában ebből a szempontból közelebb áll utódjához, más szempontból viszont sokkal komolyabb kihívás elé állítja azt, aki térinformatikai feldolgozására vállalkozik. Mert bár ugyan termőhelyérték központú leírást alkalmazott a talajok jellemzésére, a talajtulajdonságok térbeli kiterjesztése szempontjából alapvető térbeli objektumokról nem szolgáltat információt. További metodológiai problémát jelent az archív adatok feldolgozása során a földhasználati változások kezelése, mivel ezek nem függetlenek a talajtani adatok felvételezésétől, illetve térképi megjelenítésétől.

A Kreybig térképezés digitális feldolgozásának és az ezen alapuló Kreybig Digitális Talajinformációs Rendszer (KDTIR) kialakításának (Szabó et al., 2000) bizonyos szempontból kitüntett szerep jut, mivel ez a térbelileg legrészletesebb és még országosan elkészült térképi alapú talajtani adatrendszer. A Kreybig archivum feldolgozása 1998-ban kezdődött. A térképanyag szkenneléssel történő archiválása és a képek EOV transzformációja befejeződött, a geometriai adatok vektorizálása (talajfoltok, mint poligonok és talaj-szelvények, mint pontok) térképszelvényenként folyamatosan halad. A térbeli adatok és a talajszelvény adatbázis feltöltése egymástól függetlenül történik. Jelenleg a folt mintázat feltöltése az ország területének mintegy kétharmadára elkészült, a pont adatbázis feltöltése ehhez képest jóval elmarad. A térképlapokhoz csatolt magyarázó füzetekben található talajszelvények felvételi és a laboratóriumi jegyzőkönyvi adatbázisának feltöltésére viszont egy saját fejlesztésű adatbeviteli és ellenőrző programot fejlesztettünk. Jelenleg a szelvény adatbázis második generációs változatát használjuk. Az adatbázis növekedésével ugyanis, illetve a továbbiakban részletezendő feladat bővítések

következtében a korábbiakban alkalmazott Microsoft Access alapú rendszer nem volt megfelelő hatékonyságú, ezért az adatbázis kezelést a továbbiakban SQL Serverre alapozzuk. Az áttérés egyben az adatbázis-struktúra átalakításával is járt. A rendszer általános felhasználó által hozzáférhető része (így többek között az adatbázis feltöltő) egy webes böngésző felületen érhető el. Ezen eszköz segítségével az adatbázis feltöltése megfelelő stáb rendelkezésre állása esetén felgyorsítható és a teljes feltöltöttség is reális idő alatt megoldható.

Az egyes hazai TTIR-ek fejlesztése az országos, többléptékű Talaj Téradat Infrastruktúra kialakítása során egyrészt független központokban párhuzamosan folyhat. Másrészt, természetesen, szükség van ezen digitális talajtérképezési műhelyek együttműködésére is, hogy egy széles szakmai összefogás kialakításával esély teremtődjék a hazai talajtérképezés módszertanának megújítására, illetve az egyes TTIR-ek igényeknek megfelelő kialakítására és folyamatos továbbfejlesztésére. Ennek során elengedhetetlen az erdészeti célú termőhely térképezéssel (Illés et al. 2006) való harmonizáció és integráció megteremtése is.

A Kreybig Digitális Talajinformációs Rendszer megbízhatóságának és pontosságának növelése

A digitálisan archivált és vektorizált térképi alapú információk, illetve a talajszelvényekhez köthető adatok relációs adatbázisba rendezésével előálló nyers TTIR lényegében a felvételezés/térképezés adatrendszerének digitális verziója. Ez az állomány azonban számos módon javítható, csiszolható, finomítható. És ez nem csupán lehetőség, hanem az adatgazda számára egyben kötelezettség is. Egy megfelelően kialakított, térbadatinfrastruktúrába illesztett térbeli talajinformációs rendszer segítségével, valamint az eredeti felvételezési célok és térképezési ismeretek szem előtt tartásával maga a TTIR, illetve a belőle származó talajfolt térképek pontossága, geometriai és tematikus felbontása, ez alapján pedig megbízhatósága egyaránt többféleképpen növelhető. Erre bármely fentebb említésre került TTIR esetén sor kerülhet. A mi ilyen jellegű tevékenységeink döntő módon a KDTIR-hez kötődnek, ezért a továbbiakban ennek apropóján mutatjuk be eredményeinket.

Geometriai és tematikus korrekciók

Egy önkonzisztens térinformatikai rendszer kialakítása érdekében szükséges a digitalizált, vektorizált szelvényenkénti állományok geometriai és tematikus illesztése.

A feldolgozásra kerülő szelvényeket a digitális képi archiválás után Egységes Országos Vetületi Rendszerbe transzformáltuk. Ismervén a Kreybig-féle térképezés alapjául használt topográfiai szelvények szelvénykiosztását, továbbá rendelkezvén ezen hálózat egységes országos vetületű változatával, ezt

a térképszelvények sarokpontjainak transzformációja révén végeztük. A munkálatok folyamán kiderült, hogy ezt az elsődleges transzformációt továbbinak kell követnie, ugyanis 100 méter nagyságrendű hiba marad. A másodlagos transzformációt már a digitalizált, vektorizált állománnyal végezzük. Ehhez nagyléptékű EOV alapú digitális topográfiai térképeken, vagy távérzékelt képeken (EOV-be transzfomált légi vagy űrfelvételek), illetve a Kreybig térképeken meghatározott azonos pontokat használunk.

A feldolgozott térképlapok számos helyen határmenti illesztésre szorulnak. A térképezés módszertana ugyan magába foglalta a határmenti korreláció és korrekció elvégzését, ennek ellenére a digitális feldolgozásra kerülő szelvények határaik mentén nem feltétlenül konzisztensek. Ennek egyik oka a rendelkezésre álló szomszédos szelvények feldolgozottságának eltérő foka lehet (Szabó et al. 2000), ami miatt a két lap között elvégzett eredeti illesztés elveszett az utókor számára, tehát újra elvégzendő feladattá vált, immáron a téradat infrastruktúra kereteit felhasználva. Másik ok lehet a szomszédos lapok felvételezésében esetlegesen bekövetkezett időbeli elcsúszás, hisz számos térképlap megsemmisült a háborúban, amelyeket újrafelvételezni kellett jó egynehány évvel az eredeti munka elvégzése után. Az elkészült (analóg) térképek egyedi kartográfiai terméket képviseltek. Ez a tény elfedte az ilyen típusú hibákat, mivel ritkán használták egyszerre a szomszédos térképszelvényeket Ha mégis találkozott valamely (fel)használó ilyen problémával, nemigen volt kinek, minek jeleznie és így esetleges javítása sem válhatott a teljes rendszer, azaz az eredeti térképsorozat javára, hisz nem lehetett a korrekciót mindenütt átvezetni. Természetesen a digitális feldolgozás egyes munkafolyamatai során is becsúszhattak hibák, ezeket szerencsére könnyebb volt visszakövetni és ez alapján korrigálni.

A szelvény határok menti korrekciókat új határvonalak húzásával, korábbiak átszerkesztésével, szomszédos foltok összevonásával, időnként pedig tematikus egyeztetéssel végeztük. A kétséges esetek feloldására nagyléptékű, az aktuális állapotokat tükröző, digitális topográfiai térképeket, és távérzékelt adatokat, valamint független talajtani és egyéb tematikus adatokat használtunk fel.

A tematikus korrekciók speciális és egyben minősített esete az adatbázis (döntően az országhatár mentén) hiányzó térképlapok területére való feltöltése. Nyilvánvalóan nem lehet egyenértékű az eredeti felvételezés adatainak feldolgozásával, de a térinformatika és a statisztika eszközeinek segítségével, továbbá a Kreybig-féle térképezési elveket szem előtt tartva, mindenesetre lehetőség van a hiányos adatbázis kiegészítésére, pótlására, amihez a nagyléptékű digitális topográfiai térképek, távérzékelt, valamint független talajtani adatok mellett egyéb felszínborítási, területhasználati tematikus információkat használtunk. Ezen kiegészítő anyagok alapján a Kreybig elveknek megfelelő kategóriákat próbáltuk meg azonosítani, és az ugyancsak ezek szerinti határokat meghúzni A mezőgazdasági földhasználattal jellemzett területekre pedig a (digitálisan) elérhető egyéb talajtani adatokból

(AGROTOPO, TIM stb.) próbáltuk a leíró adatbázist legalább részletesen feltölteni.

Tematikus pontosítás

Amennyiben egy térbeli talajinformációs rendszer a benne tárolt adatok keletkezése óta a földhasználati viszonyokban bekövetkezett szembetűnő változásokról nem tud számot adni, megingathatja a felhasználóban az adatrendszer alkalmazásába vetett általános bizalmát, még akkor is, ha esetleg a lényegben, azaz a térképezett talajtulajdonságokban a terület nagy részén nem is történtek jelentős változások. Márpedig a földhasználat a talajnál sokkal dinamikusabban és gyakran látványosabban változik, amelyről ugyan nem feltétlenül a talajtérképeknek kellene számot adnia, de azokon is számon kérik, ha azok ezt a változást nem követik. A TTIR megfelelő téradat infrastruktúrába integrálásával kezelhető válik ez a probléma is. Az egész rendszer megbízhatósága és pontossága növelhető az aktuális földhasználatról, felszínborításról, topográfiáról rendelkezésreálló térbeli információk figyelembevételével. Az országban számos mintaterületen végeztük el ezt az elsődleges, íróasztal melletti reambulációt. A CLC100, CLC50, topográfiai térképek és ortofotók álltak rendelkezésünkre a feladat elvégzéséhez.

A feldolgozás ezen fokára jutva a KDTIR egy valódi TTIR-nek tekinthető még a szigorúbb kritikusok szerint is (Rossiter, 2004). A KDTIR azonban két további lehetőséget is biztosít térbeli és tematikus pontosságának növelésére.

A talajfoltok térbeli finomítása

A folthatár a felvételezés során jön létre, a felvételező talajtani tudása, terepi gyakorlata és adott helyi ismerete, valamint az egész térképezési munka viszonyai integrálódnak meghúzásában és persze nem hanyagolható el a térképi alap szerepe, amelyen a talajfolt térképi objektumként megjelenik. A papír alapú talajtérképek digitalizálásával és megfelelő téradat rendszerbe illesztésével, valamint a térképezési ismeretek szem előtt tartásával mód nyílik a folthatárok finomítására, pontosítására. A talajfoltok méretében az ábrázolhatósági határt a felvételezés léptéke határozta meg, az adott méretarányban nem kartografálható, talajtanilag inhomogén területeket nem határolták el. Egy megfelelően kialakított TTIR-ben azonban átléphetők a klasszikus kartográfiai korlátok, hasonlóan a már létező folthatárok finomításához, foltosztó határok is megrajzolhatók. Amennyiben valamilyen apriori információval rendelkezünk a talajfolton belüli heterogenitásról, akkor a digitális talajtérképezési eszközök segítségével próbát tehetünk ezen inhomogenitások feltérképezésére.

A Kreybig térképezés reprezentatív és nem-reprezentatív talajszelvényeket használt a folton belüli, nem-térképezhető talaj heterogenitás jelzésére. A

KDTIR-ben azonban átléphetők a klasszikus kartográfiai korlátok a nem-reprezentatív talajszelvények helyére vonatkozó ismeret és megfelelő kiegészítő, térbeli, környezeti információk (digitális domborzat modell, ortofotók etc.) felhasználása révén. A foltra nem jellemző pontok helye jelzi a lokális heterogenitást, amely gyakran azonosítható a (mikro)domborzatban, földhasználatban, topográfiában vagy egyszerűen szemmel látható egy részletes felbontású légifelvételen. Ezen segédletek alapján foltosztó határok rajzolhatók, amelyek apróbb, homogénebb egységekre bontják az eredeti térképi egységeket. A szülő foltban még nem jellemzőként számon tartott talajszelvény az újonnan létrejött folt reprezentatív szelvényévé lép elő. Ezen eljárás révén mind a térbeli felbontás finomodik, mind a teljes rendszer pontossága és megbízhatósága nő. Egy másik következménye az ilyen típusú térbeli finomításnak, hogy a KDTIR egy egységes léptékű térinformatika rendszerből esetlegesen egy több szintű TTIR-ré lépjen elő a térbelileg részletesebb adatok iránya felé nyitva.

A talajtani információk terepi aktualizálása

A foltokra vonatkozó adatok általában egyidősek a térképezéssel, kivéve ha már eredendően monitoring célú és azt felvállaló felvételezés zajlott. A foltokra meghatározott adatok azonban akár újra felvételezhetők is, amennyiben tudjuk, hol, mit és hogyan keressünk fel, határozzunk meg, mérjünk meg. A térbeli talajinformációs rendszerek, kiegészítve a terepi térinformatika eszközkészletével, ehhez hatékony segítséget nyújthatnak.

A Kreybig-féle térképek ma is aktuálisak, mert bár szerkesztésük 1934-ben kezdődött és 1944-ben, (illetve a háború alatt megsemmisült szelvények pótlásával 1951-ben) fejeződött be, a térképezett talajtulajdonságok legnagyobb részének időbeli változása nem jelentős. A pontosítások/finomítások előzőekben bemutatott lépcsőin átment KDTIR ezen a helyzeten pedig csak legfeljebb pozitív irányban változtat. Mindazonáltal terepi verifikációs, korrelációs vizsgálatok, esetlegesen célirányosan kivitelezett mintavételezéssel kiegészítve, illetve ezek tapasztalatainak és eredményeinek a rendszerbe történő beillesztése jelentősen növelheti megbízhatóságát. Ezt a másodlagos (szó szerinti) reambulációt terepbejárással, illetve referenciaszelvények felkeresésével és mintázásával hajtjuk végre, amihez a terepi térinformatika eszköztára tökéletes hátteret biztosít. A kéziszámítógépeken a talajtani és topográfiai információk, illetve a szintén az ezen eszközökhöz csatlakoztatott GPS vevők együttesen könnyen kivitelezhetővé teszik mind a navigációs, mind az adatgyűjtési feladatokat (Szabó et al. 2002). A referencia szelvények, illetve előre kijelölt mintavételi helyek felkereshetők, illetve a valós időben rendelkezésre álló térbeli adatok és a terepi valóság egybevetésével revideálhatók, áthelyezhetők. Szintén ezen információk adnak lehetőséget a térbeli kiterjeszthetőség vizsgálatára, egyben a térbeli alapadatok reambulálására, illetve a levont tanulságok alapján esetlegesen monitoring pontok kijelölésére.

A terepi reambuláció lépései a következők:

- Az eredeti térképezés során megmintázott reprezentatív talajszelvények beazonosítása, földrajzi helyüknek topológiailag is helyes meghatározása a felvételezésről rendelkezésre álló eredeti és a felkeresendő hely aktuális állapotáról rendelkezésre álló jelenlegi információ figyelembevételével.
- Terepi térinformatikával segített navigáció a felkeresendő szelvényhez.
- A hely felkereshetőségének ellenőrzése, esetlegesen új szelvény helyének kijelölése.
- A reprezentativítás meghatározása, esetlegesen új szelvény helyének kijelölése.
- Annak megállapítása, hogy a felkeresett hely elfogadható-e új Kreybig talajszelvényként kisszelvény, vagy fúrás alapján, esetlegesen új szelvény helyének kijelölése.
- Részletes talajmintavétel diagnosztikai szintenként.

Eredmények és értékelés

A KDTIR számítógép melletti, illetve terepen történő reambulációjával új, aktuális adatok keletkeznek. Ez azonban nem azt jelenti, hogy az elsődleges feldolgozás során előálló információkat egyszerűen az újakkal kellene helyettesíteni. Az adatbázis szerkezetét alakítjuk át oly módon, hogy együttesen legyen képes kezelni a különböző időpontból származó geometriai és leíró adatokat (verziózás). Ezzel a KDTIR-t statikus térbeli talajinformációs rendszerből dinamikus tébeli talajinformációs rendszerré fejlesztjük.

Kiépítésének különböző szintjein a KDTIR eltérő megbízhatóságú talajtani adatok szolgáltatására képes. A többszintűségnek ez a fajta megnyilvánulása megőrizhető és akár hasznosítható is. Az alacsonyabb feldolgozottsági szintű és ezért egyben kevésbé is pontos(ított) adatokat gyorsabban lehet előállítani és szolgáltatni. Időnként azonban az idő faktor sokkal fontosabb szerepet játszik, mint a térbeli és/vagy tematikus pontosság. Kisebb léptéket igénylő alkalmazások számára a nyersebb adat elegendőnek és egyben gazdaságosabbnak is bizonyulhat. A DKTIR mind magasabb szintű kiépítése azt a lehetőséget is magában hordozza, hogy megbízhatóbb információkat biztosító szint segítségével megbecsüljük a „durvább" szintek által szolgáltatott adatok pontosságát.

A hagyományos talajtani tudás, a KDTIR és a terepi térinformatika integrálása a mintavételt célirányossá teszi és így a terepi munka gyorssá, hatékonnyá, következésképpen gazdaságossá tehető. Viszonylag nagyobb területek (újra) felvételezhetők és jellemezhetők az aktualizált talajtulajdonságokkal, amelyeket az újra felkeresett vagy áthelyezett reprezentatív talajszelvényekben határoztunk meg, melyek reprezentativitását a KDTIR alapján a terepen igazoltuk. Másrészről, amennyiben egy részletes

talajfelvételezésre kerül sor egy adott területen (függetlenül a KDTIR lététől, és nem feltétlenül annak aktualizálása céljából), annak eredményei is integrálhatók, amennyiben a gyűjtött adatok tematikusan kompatibilisek a KDTIR-rel. Ez utóbbi szintúgy a KDTIR többszintűvé válása felé mutató tevékenység lenne.

Az újra felkeresett helyeken történő új mintavételezés lehetőséget nyújt a korábbi felvételezés során nyert (és a reambulációig egyedüliként tárolt) adatokkal való összehasonlításra, melynek révén a talajtulajdonságokban mégis bekövetkezett változások detektálhatók. Ezek alapján akár trendek állapíthatók meg a talaj jellemzőkben, vagy funkciókban; degradációs folyamatok érhetők tetten, esetleg válnak előrejelezhetővé. Referenciaként szolgálhatnak az ember által okozott környezeti hatások részletes vizsgálatához. A talajszelvényekben (pontokban) meghatározott változások, folyamatok a reprezentativitás elve segítségével térbelileg kiterjeszthetők, ily módon teremtve lehetőséget ezek térbeli kiterjedtségének megállapítására.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretnénk köszönetet mondani kollégáinknak: Csökli Gabriellának, Dombos Miklósnak, Krammer Zitának, László Péternek, Matus Juditnak, Zágoni Balázsnak. Munkánkat a K60896 sz. OTKA, illetve az NKFP6-00013/2005 sz. NKFP pályázat támogatja.

Irodalomjegyzék

Baylis, K., Rausser, G. Simon, L. 2004. Agri-environmental Programs in the United States and European Union, in Giovanni Anania et. al. (ed.), Agricultural policy reform and the WTO: where are we heading?, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, U.K.

Beckett, P. H. T., and Webster, R. 1971. Soil variability : a review. Soils and fertilizers 34, 1-15.

Burrough, P.A. 2005. Steps in the Representation of Digital Soil Information: 1976-2004. DSM 2004 Montpellier 13-17 September 2004. Elsevier.

Burt, J. E., Wang, R., Zhu, A.X., Meyer, T. & Hempel, J., 2006. Spatial Data Mining for Soil Survey Updates. Proc. of 18th World Congress of Soil Science. ASA-CSSA-SSSA. CD-ROM.

CEC, 2002. Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. Brussels, COM(2002) 179 Final.

Czinege E., Pásztor L., Szabó J., Csathó P., Árendás T. 2000. Térinformatikai alapokra épülő műtrágyázási szaktanácsadás. Agrokémia és Talajtan, 49:55-64.

Dobos E., Michéli E., Baumgardner M.F., Biehl L., Helt T. 2000. Use of combined digital elevation model and satellite radiometric data for regional soil mapping. Geoderma. 97:367-391.

Dobos, E., Michéli, E., Montanarella, L. 2005. The development of a soil organic matter content database using 1000 m resolution DEM and MODIS data for a pilot area of Hungary. DSM 2004 Montpellier 13-17 September 2004. Elsevier.

Dobos, E., Carré, F., Hengl, T., Reuter, H.I., Tóth, G., 2005. Digital soil mapping as a support to production of functional maps. European Comission.

Dorka D. 2004. Döntéstámogató talajinformációs rendszer kialakítása a mezőgazdaságban. Acta Agraria Debreceniensis 13.

Dusart J. 2005. Adapting soil mapping practices to the proposed INSPIRE guidelines. DSM 2004 Montpellier 13-17 September 2004. Elsevier.

FAO, 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin 32, Rome.

Flachner Zs, Farkas Cs, Pásztor L, Szabó J. 2004. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztésével kapcsolatos talaj-információs és monitoring munkák tapasztalatai, In: Barton G., Dormány G. eds. II. Magyar Földrajzi Kon-ferencia, CD-ROM, Szegedi Tudományegyetem TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék.

Gaál Z., Máté F., Tóth G. (eds.) 2003. Földminősítés és Földhasználati Információ, Veszprémi Egyetem, Keszthely.

Howell, D.W. & Smith, D.W., 2006. The Dusty Trail to Digital Soil Survey in California. Proc. of 18th World Congress of Soil Science. ASA-CSSA-SSSA. CD-ROM.

Hubrechts L., Vander Poorten K., Vanclooster M., Deckers J. 1998. From Soil Survey to quantitative land evaluation in Belgium. European Soil Bureau. Research Report No. 4.:91-100.

Illés G., Kovács G., Bidló A., Heil B. 2006. Digital soil and landsite mapping in forest management planning. Agrokémia és Talajtan 55:99-108.

Lagacherie P., McBratney A.B. 2005. Spatial Soil Information Systems and Spatial Soil Inference Systems: perspectives for digital soil mapping. DSM 2004 Montpellier 13-17 September 2004. Elsevier.

Lagacherie, P., 2006 Digital Soil Mapping: A state of the art – Opening Keynote In: Mendonça-Santos, M.L. & McBratney, A.B. (Eds.). Proc. of the 2nd Global Workshop On Digital Soil Mapping. Embrapa. CD-ROM.

Leenhardt D., Voltz M., Bornand M., Webster R. 1994. Evaluating soil maps for prediction of soil water properties. European Journal of Soil Science, 45(3): 293-301.

Lim K.J., Engel B.A. 2003. Extension and enhancement of national agricultural pesticide risk analysis (NAPRA) WWW decision support system to include nutrients. Computers and Electronics in Agriculture 38:227-236.

Magyari J. 2005. Térinformatikai módszerek alkalmazása az agrár-környezetgazdálkodás és vidékfejlesztés területén, doktori értekezés, SZIE.

McBratney A.B., Mendonça Santos M.L., Minasny B. 2003. On digital soil mapping. Geoderma, 117: 3-52.

Mermut A.R., Eswaran, H. 2000. Some major developments in soil science since the mid-1960s. Geoderma 100:403-426.

Molnár Zs., Kun A., Bölöni J., Király G. 1999. Az élőhely-térképezés alkalmazása a biodiverzitás monitorozásában. In: Kun A., Molnár Zs. (eds.): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer XI. Élőhely-térképezés. Sciencia Kiadó, Budapest, 16-19.

McKenzie N., Gallant J. 2005. Digital soil mapping with improved environmental predictors and models of pedogenesis. DSM 2004 Montpellier 13-17 September 2004. Elsevier.

Nachtergaele F., van Ranst E., 2002. Qualitative and Quantitative Aspects of Soil Databases in Tropical Countries. In "Evolution of Tropical Soil Science: Past and Future".

Németh Á. 2004. Az aszályérzékenység meghatározása térinformatika alkalmazásával. Acta Agraria Kaposváriensis 8(3):25-34.

Németh T., Szabó J., Pásztor L., Bakacsi Zs., 2000, Kis- és nagyméretarányú talajtani információk szerepe a Nemzeti Agrár-Környezetgazdálkodási Programban, Talajvédelem, VIII(3-4):53-60.

Németh T., Szabó J., Pásztor L. 2002. A precizíós tápanyaggazdálkodás térinformatika alapjai, In: Kovácsné Gaál Katalin (ed.) 'XXIX. Óvári Tudományos Napok', Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Állattenyésztési Intézet, CD-ROM.

Pálfai I, Bozán Cs, Herceg Á, Kozák P, Köröspart J, Kuti L, Pásztor L. 2004. Komplex Belvíz-veszélyeztetettségi Mutató (KBM) és Csongrád megye ez alapján szerkesztett belvíz-veszélyeztetettségi térképe, In: Barton G., Dormány G. (szerk.) II. Magyar Földrajzi Konferencia, CD-ROM, Szegedi Tudományegyetem TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék.

Pásztor L., Suba Zs., Szabó J., Várallyay Gy. 1998. Land degradation mapping in Hungary, In: J.F.Dallemand, V. Perdigao (eds.) EUR 18050 – PHARE Multi-Country Environment Programme MERA Project Proceedings, European Comission: 43-54.

Pásztor L., Szabó J., Bakacsi Zs. 2002a. Compilation of a national 1:25,000 scale digital soil information system in Hungary, In: Proceedings of the 17h World Congress of Soil Science, Bangkok, CD-ROM.

Pásztor L., Szabó J., Bakacsi Zs. 2002b. GIS processing of large scale soil maps in Hungary, Agrokémia és Talajtan, 51:273-282.

Pásztor L, Pálfai I, Bozán Cs, Kőröspart J, Szabó J, Bakacsi Zs, Kuti L. 2006. Spatial stochastic modelling of inland inundation hazard, In: J.Suarez, B.Markus (eds.) Proceedings of AGILE 2006. College of Geoinformatics, University of West Hungary, Székesfehérvár, 139-143.

Rossiter D.G. 2004. Digital soil resource inventories: status and prospects. Soil Use & Management 20(3):296-301.

Rossiter, D.G., 2006. Making the Old New: Rescue, Reuse and Renewal of Legacy Soil Surveys. Proc. of 18th World Congress of Soil Science. ASA-CSSA-SSSA. CD-ROM.

Selvaradjou, S-K., Montanarella, L., Spaargaren, O. & Dent D., 2006. An accessible digital archive of soil maps. Proc. of 18th World Congress of Soil Science. ASA-CSSA-SSSA. CD-ROM.

Soil Survey Staff, 1993. Soil Survey Manual. Handbook No 18. USDA, Washington, D.C.

Szabó J., Pásztor L. 1994. Magyarország agroökológiai adatbázisa és annak környezetvédelmi felhasználási lehetőségei. Országos Környezetvédelmi Konferencia Kiadványa. Siófok, 156-163.

Szabó J., Pásztor L., Bakacsi Zs., Zágoni B., Csökli G. 2000. Kreybig Digitális Talajinformatikai Rendszer, Agrokémia és Talajtan, 49:265-276.

Szabó J. 2002. Compilation of a watershed level, complex land information system for internet service, Agrokémia és Talajtan, 51:283-292.

Szabó J., Bakos L., Pásztor L., Cservenák R., Pogrányi K. 2002. GPS és internet alapú térinformatikai alkalmazás a mezőgazdasági szaktanácsadás támogatására, Acta Agraria Kaposvariensis, 6(39):3-13.

Takács P., Tamás J., Lénárd Cs., 2004. Virtuális talajinformációs rendszerek kialakítása a Bihari-sík és a Tedej Rt. Területén. Acta Agr. Debr. 13.

Tamás J., 2001., Preciziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata. Szaktudás Kiadóház.

Thwaites 1999. Soil maps-simple information tools or complex decision aids? Australian Ass. of Natural Resource Management Volume 2 Number 1.

Tóth T., Németh T., Fábián T., Hermann T., Horváth E., Patocskai Z., Speiser F., Vinogradov Sz., Tóth G. 2006. Internet-based land valuation system powered by a GIS of 1:10,000 soil maps. Agrokémia és Talajtan 55:109-116.

Várallyay Gy., Molnár E. 1989. The agro-topographical map of Hungary (1:100,000 scale). Hungarian Cartographical Studies. 14th World Conference of ICA-ACI, Budapest:221-225.

Várallyay, Gy., Szabó, J., Pásztor, L. & Michéli, E. 1994. SOTER (Soil and Terrain Digital Database) 1:500.000 and its application in Hungary. Agrokémia és Talajtan. 43:87-108.

Várallyay G., Pásztor L., Szabó J., Michéli E., Bakacsi Zs. 2000. Soil vulnerability assessments in Hungary, In: N.H. Batjes, E.M. Bridges (eds.) Soil and Terrain Database, Land Degradation Status and Soil Vulnerability As-sesment for Central and Eastern Europe, FAO Land and Water Digital Media Series 10, CD-ROM, FAO.

Várallyay Gy. 1989. Soil mapping in Hungary. Agrokémia és Talajtan. 38:696-714.

Várallyay Gy. 2001. A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány. XLVI. (7), 799-815.

Várallyay Gy. 2002. Soil survey and soil monitoring in Hungary. European Soil Bureau. Research Report No.9.:139-149.

Walter C., Lagacherie P., Follain S. 2005. Integrating pedological knowledge into soil digital mapping. DSM 2004 Montpellier 13-17 September 2004. Elsevier.

Webster R. 1997. Soil resources and their assessment. Phil. Trans. R. Soc. Lond B 352: 963-973.

Wösten, J.H.M., Lilly, A., Nemes, A. and Le Bas, C. 1998. Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulation models in environmental studies and in land use planning. DLO Winand Staring Centre, Report 157, Wageningen, the Netherlands.

A városi talajok osztályozása Szeged talajtípusainak példáján

Puskás Irén – Farsang Andrea
Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6723 Szeged, Egyetem u. 2-6., E-mail: puskasiren@freemail.hu, andi@earth.geo.u-szeged.hu

Összfoglalás

A városi talajok merően más karakterisztikával rendelkeznek, mint a természetes talajok, a fő kialakító, illetve módosító tényezőjüknek, az emberi beavatkozásnak köszönhetően. A kutatási célkitűzéseink között szerepel a szegedi városi talajok antropogén bélyegeinek, a természetes talajoktól eltérő diagnosztikai tulajdonságaiknak (műtermék, humuszmennyiség, humuszminőség, összes nitrogéntartalom, pH(H_2O, KCl), karbonát tartalom) bemutatása, elemzése, valamint a vizsgált szelvények besorolása a WRB (2006) rendszerébe. Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a műtermék megnövekedett mennyisége, az alacsony humuszkoncentráció illetve nitrogéntartalom, a gyenge humuszminőség, a magasabb karbonát tartalom és az ahhoz kapcsolódó megemelkedett pH érték mind az emberi befolyás következtében módosult talajokról árulkodnak. A fenti diagnosztikai talajparaméterek egyértelműen indikálják a városi talajok antropogenitását: egyrészt koncentrációjuk megváltozásával, másrészt szelvénybeli eloszlásuk módosulásával. Ezen diagnosztikai tulajdonságok segítségével megtörtént a szelvények besorolása a WRB (2006) rendszerébe.

Summary

Urban soils differ from the natural ones in that they are more strongly influenced by anthropogenic activities. The aims of this study were the examination of diagnostic properties different from natural soils (artefacts, organic matter content, quality of organic matter, pH (H_2O, KCl), carbonate content, nitrogen content) and the categorization of the profiles according to WRB (2006). We can reveal the followings on the basis of researches carried out: high amount of artefacts, low organic material and nitrogen content values, poor quantity of organic matter, strongly calcareous carbonate content and the resulted high pH prove that the soils have been modified by anthropogenic activities. The change of the concentration and distribution of the above diagnostic properties in the soil profile indicate unambiguously the anthropogenic effect on the urban soils. The profiles were classified in the WRB system on the basis of their diagnostic properties.

Bevezetés

A városi talajok kutatása az utóbbi néhány évben emelkedett a figyelem középpontjába, amely ezen talajok tanulmányozásához, jellemzéséhez vezetett szerte az egész világon (Murray et al., 2004). A települések környezetében található természetes talajtípusokhoz képest a települési, illetve városi talajok

jelentős átalakuláson mennek keresztül fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaikat illetően. A városi talajok képződését és fejlődését befolyásoló antropogén hatás tükröződik az erős horizontális és vertikális változékonyságukban (Bullock, Gregory, 1991). Az emberi jelenlétnek és aktivitásnak köszönhetően ezek a talajok gyakran lefedettek, tömörödöttek, szennyezettek. Következésképpen vízgazdálkodási tulajdonságaik, lefedettségi, tömörödöttségi fokuk merően eltér a természetes talajokétól (Herget, 1996). A mechanikai tömörödöttség, valamint az ezzel együtt járó oxigénhiány következtében a mikrobiális lebontó szervezetek rendszerint hiányoznak. Mindez a humusztartalom jelentős csökkenéséhez vezet: a nagyon fiatal városi talajok szervesanyag-tartalmának jelentős részét szerves hulladék adja, a szennyezőanyagok nagyobb mértékű megkötésére képes humuszsavak és huminvegyületek mennyisége meglehetősen csekély (Beyer et al., 1995). Az urbán talajok általában alkáli fémekben gazdagabbak, mint a városkörnyékiek, így magasabb pH értékük is (Bockheim, 1974).

Mindezek következtében a városokban csorbul a talaj multifunkcionalitása, azaz képtelen maradéktalanul ellátni természetes talajok nagy részére jellemző funkciókat (Stefanovits et al., 1999). Az eredeti funkciók gyengülésével azonban új, a természetes talajokra nem jellemző funkciók jelennek meg, hiszen a város otthont ad a közlekedésnek, az iparnak, a kereskedelemnek, a hulladéklerakóknak, lakó- illetve egyéb épületeknek, parkoknak stb. (Blume, Schlichting, 1982).

Mára elengedhetetlen, hogy a városokat ért emberi hatás ne tükröződjék a talajok taxonómiájában. Igen heterogén osztályozási rendszerek születtek, melyek közül Avery rendszerét (1980) kell elsőként kiemelni, aki a városi talajokat két fő csoportba sorolta: 1. humuszos antropogén talajok 2. zavart talajok.

Blume (1986) városi talajtipizálása szerint a városi, ipari térségeken három talajtípust lehet elkülöníteni: 1, többnyire még természetes genetikájú talajok, 2. természetes, helyben keletkezett talajok, melyek jelentős átalakítást szenvedtek, 3. természetes és technogén (építési törmelék) anyagot is tartalmazó mesterséges feltöltések.

Lehmann (2004) csoportosította a városi talajokat, illetve javaslatot dolgozott ki WRB (World Reference Base for soils resources, 2006)-be való beillesztésükre vonatkozólag (1. táblázat). A 2006-os WRB osztályozásban már megjelennek a városi talajok és az ipari területek talajai is Technosolok néven, melyekbe azon talajok tartoznak, amelyek kialakulásukban és fejlődésükben a technikai eredet vagy valamilyen más emberi hatás játszott meghatározó szerepet.

1. táblázat. Városi talajtípusok (Lehmann, 2004)

Városi talajtípusok	Jellemzésük
Urbic talajok	legalább 50cm vastag urbic anyaggal rendelkező talajok
Technic talajok	minimum 10cm vastag technic anyag van jelen
Sealic talajok	a felszínüket építkezési anyagok borítják
Epicompanic talajok	olyan kompakt felszíne van, mely antropogén „kérget" hoz létre
Endocompanic talajok	egy antropogén eredetű kompakt altalajjal bír, amely talajfelszíntől 200cm-en belül jelenik meg.
Urbihumic talajok	több mint 1 %-os szerves anyag tartalmú, legalább 50 cm vastag urbic vagy technic anyaggal rendelkező talajok
Urbiruptic talajok	legalább 50cm vastag urbic anyaggal és egy vagy több diszkontinuitással (200cm-re a felszíntől jelenik meg) rendelkező talajok
Pestic talajok	0-50cm belül toxikus anyagokkal rendelkeznek
Urbiskeletic talajok	40-90 %-os műtermék tartalommal rendelkező urbic anyagokat tartalmazó talajok
Techniskeletic talajok	40-90%-os műtermék tartalom technic anyagokkal keverve figyelhető meg

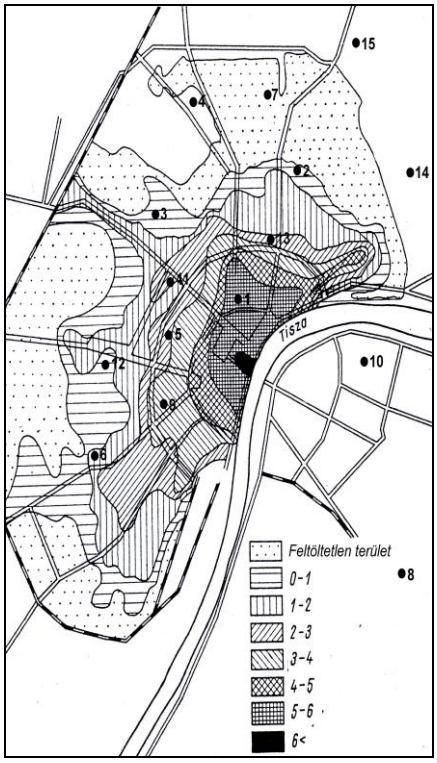
Mindezek figyelembevételével kutatási célkitűzéseink a következőkben foglalhatók össze: (i) A szegedi városi talajok antropogén bélyegeinek, a természetes talajoktól eltérő diagnosztikai tulajdonságaiknak bemutatása, elemzése, (ii) a vizsgált szelvények besorolása a WRB (2006) rendszerébe.

Mintaterület

Magyarország legalacsonyabb (84 m körüli) tengerszint feletti magasságú nagyvárosában, Szegeden az antropogén talajfejlődés az alábbi természetes talajtípusokon indulhatott meg: a Tisza jobb partján - a várostól nyugat északnyugati irányban - löszös üledéken jó minőségű Phaeozemek jöttek létre. Az újszegedi részen alluviális üledéken képződött nehéz mechanikai összetételű, különböző fejlettségű Fluvisolok alakultak ki. Szeged déli területein (gyálaréti, szőregi, szentmihálytelki városrészeken) a Gleyosol talajok a jellemzőek, míg a várostól északkeletre a rossz vízgazdálkodású, tömörödött szerkezetű Solonetz talajok dominálnak.

2. táblázat. Mintavételi szelvények

Mintavételi szelvények száma	Mintavételi szelvények helyszíne
1.	Tisza L. krt.
2.	Budapesti krt.
3.	Rókusi krt.
4.	Vértói út
5.	Hajnóczy utca
6.	Petőfi S. sgt.
7.	Trencsényi út
8.	Makai út
9.	Nemes Takács út
10.	Fürj utca
11.	Mars tér
12.	Remény utca
13.	Sándor utca
14.	Rába utca
15.	Füge sor



1. ábra. A mintavételi helyszínek és a város feltöltésének vastagsága az 1879. évi árvizet követően (méterben) (Andó, 1979)

Az 1879. évi árvízkatasztrófát követően az árvízmentesítés mindkét formája megvalósult: megépült a körtöltés és a város eredeti térszínét is lényeges mértékben feltöltötték (1. ábra). A feltöltés vastagsága a belvárosban, a közúti híd környékén a legnagyobb, ott még a 6 métert is meghaladja (Andó, 1979).

Mintavétel és anyagvizsgálati módszer

A mintavétel 2005 tavaszán a város területén, 15 talajszelvény szintjeiből történt, törekedve az egyenletes eloszlásra és térbeli lefedettségre (1. ábra, 2. táblázat, 3. táblázat). Az elvégzett vizsgálatok, illetve az alkalmazott vizsgálati módszerek a következők (Buzás et al., 1988):

- Műtermék tartalom
- Kémhatás (pH H_2O, KCl, Radelkis típusú digitális pH mérővel)

- Humusz koncentráció (Kénsavas-kálium-dikromátos oxidációval)
- Humuszminőség (Hargitai-féle humuszstablititási koefficienssel)
- Karbonát tartalom (Scheibler-féle kalciméterrel)
- Összes nitrogéntartalom (Gerhardt Vapodest 20 nitrogéndesztilláló készülékkel)

3. táblázat. A szegedi mintavételi helyszínek jellemzése

Szelvény szám	Alapkőzet	Dombor-zat	Talajvíz mélysége (cm)	Terület-használat (2005)	Vegetáció (2005)
1.	feltöltés	sík	> 200	lefedett terület	-
2.	lösz	sík	> 75	gyep	Lolium perenne, Taraxacum officinale
3.	lösz	sík	> 125	bicikliút	-
4.	feltöltés	mélyedés	> 80	elhagyott terület	Rosa canina, Phragmites australis, Poa trivialis, Arrhenatherum elatius
5.	feltöltés	sík	> 140	járda	-
6.	feltöltés	sík	> 150	lefedett terület	Elymus repens, Ambrosia artemisiifolia, Erigeron canadensis, Chenopodium album,
7.	lösz	sík	> 180	lefedett terület	-
8.	feltöltés	lejtő	> 180	gyep	Taraxacum officinale, Elymus repens
9.	feltöltés		> 155	lefedett terület	-
10.	öntésiszap	sík	> 180	lefedett terület	-
11.	feltöltés	sík	> 180	lefedett terület	-
12.	lösz	sík	150	háztelek	Ambrosia artemisiifolia, Elymus repens, Polygonum aviculare
13.	feltöltés	sík	> 150	lefedett terület	-
14.	lösz	sík	> 170	parlag	Artemisia vulgaris, Cichorium intybus, Achillea millefolium
15.	lösz	sík	> 200	földút	Cichorium intybus, Taraxacum officinale

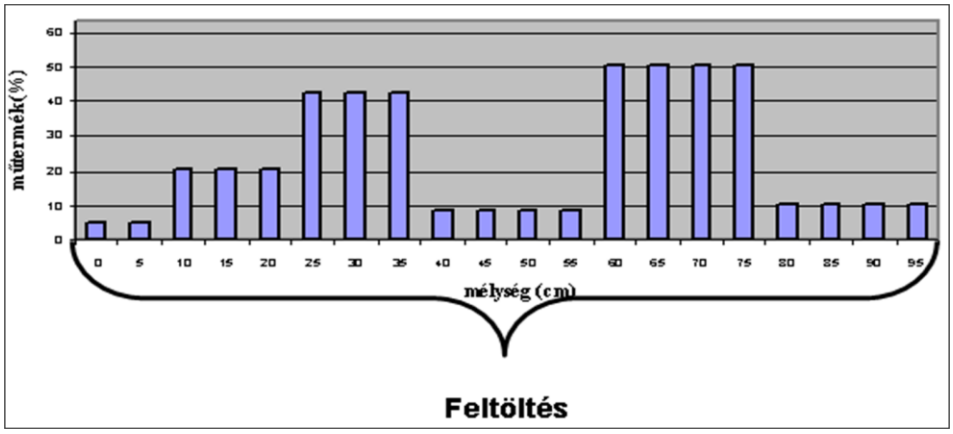
Vizsgálati eredmények, következtetések

Talajtani alaptulajdonságok értékelése

A műtermék mennyiségét (átlag 23,7-0,0% között váltakozik) alapvetően meghatározta a feltöltés mennyisége és minősége. A minimális mértékű feltöltéssel rendelkező területeken a műtermék mennyisége igen csekély (minimum=0,0%). A legmagasabb műtermék tartalommal (maximum=63,0%) rendelkező szelvények (pl.: 4., 6., 8., 9.) a város azon részein helyezkedtek el, ahol intenzívebb és főként törmelékből álló feltöltések zajlottak (2. ábra).

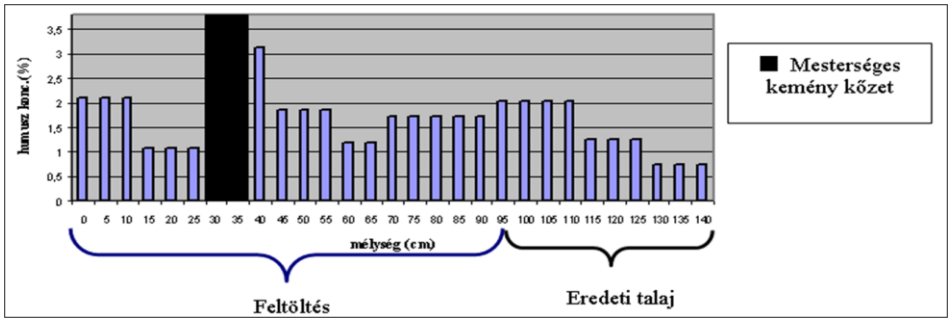
Humuszkoncentráció (átlag 0,6-1,9% között váltakozik; minimum=0,0%; maximum=3,7%): Azok a szelvények (pl.: 4., 6., 11.), amelyek teljes egészében feltöltésből állnak rapszodikus ingadozást mutatnak a feltöltött rétegek humusztartalmától függően. A jelentős vastagságú feltöltés mellett az eredeti eltemetett talajszintekkel is rendelkező szelvényeknél viszont megfigyelhető, hogy amint véget ér a feltöltés és megjelenik az eredeti talaj A szintje, a humusztartalom fokozatosan csökken és a természetes talajszelvényeknek megfelelő csökkenő tendenciát mutat (3. ábra).

A szerves anyag mennyiségi vizsgálata mellett sor került a minőségi értékelésre is, hiszen gyakorlati szempontból fontos, hogy ismerjük a nagy molekulájú, jól humifikált, magas kondenzációs fokú, ennél fogva a talajok tápanyag-szolgáltatásában és a talajszerkezet kialakításában lényeges szerepet játszó humuszanyagok arányát az olyan szerves anyagokéhoz képest, amelyek még nem humifikáltak, nyersek, kálciumhoz nem kötöttek. A humuszminőség meghatározása a humuszstabilitási koefficiens (K) értékének meghatározásával történt (átlag 0,6-14,4 között ingadozik; minimum=0,0; maximum=29,2). A feltöltött rétegekre igen alacsony K érték a jellemző, vagyis a nem humifikált, nyers humuszanyagok, a fulvósavak vannak túlsúlyban.



2. ábra. Az antropogén eredetű műtermék tartalom (%) (4. szelvény, Vértói út)

A zavart rétegek mellett természetes talajszinteket is tartalmazó szelvények esetében a természetes szintek magasabb K értékkel rendelkeznek, azaz e talajokban a jobb minőségű huminok és huminsavak dominálnak.



3. ábra. A szelvény humusz koncentrációja (%) (3. szelvény, Rókusi krt.)

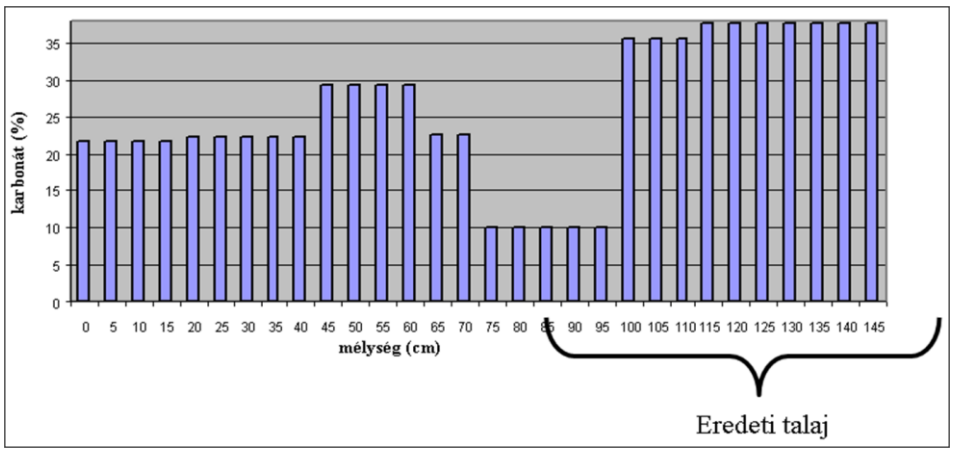
Kiegészítő vizsgálatként megtörtént a talajok összes nitrogéntartalmának meghatározása. A nitrogéntartalom szelvénybeli eloszlás teljesen azonos képet mutat a humusztartalommal, mivel a talaj szerves anyagának nitrogéntartalma viszonylag állandó, ezért a nitrogén eloszlása a talajszelvényben megegyezik a szerves anyag eloszlásával (Stefanovits et al., 1999).

A szelvények nagy része a közepesen erős, illetve erős mésztartalommal rendelkezik (átlag 1,9-25,6% között mozog; minimum=0,1%; maximum=37,7%) mely értékek kialakulásában a talajképző kőzet nagy szerepet játszik. Így az erős mésztartalommal azok a szelvények rendelkeznek, melyek a magas mésztartalmú feltöltött rétegek mellett olyan természetes alapkőzettel (lösz) is rendelkeznek, amely magas karbonát tartalommal bír. Minden olyan szelvénynél, amely eredeti talajszinteket is tartalmaz, megfigyelhető a karbonát tartalom fokozatos emelkedése a talajképző kőzet felé (4. ábra). Ennek oka az egykori kilúgozódás, mely során a karbonátok felső talajszintekből a mélyebb szintekbe vándoroltak, vagy a talajképző kőzetben halmozódtak fel.

A minták pH-jára (H_2O, KCl) a gyengén lúgos, lúgos tartomány a jellemző (a vizes pH átlaga 7,9-8,8 között váltakozik; minimum=7,6; maximum=9,1). Egyértelmű a kapcsolat a talaj mésztartalma és a pH között: a magas mésztartalom bázikus kémhatást idéz elő. A vizes és KCl-os pH különbsége jelzi a savanyúsági hajlamot, mely azokban a rétegekben volt jelentős, ahol a karbonát tartalom a kilúgozódás következtében jelentősen lecsökkent.

A műtermék megnövekedett mennyisége, az alacsony humuszkoncentráció illetve nitrogéntartalom, a gyenge humuszminőség, a magasabb karbonát tartalom és ahhoz kapcsolódó megemelkedett pH érték mind az emberi befolyás következtében módosult talajokról árulkodnak. A fenti diagnosztikai talajparaméterek egyértelműen indikálják a városi talajok antropogenitását:

egyrészt koncentrációjuk megváltozásával, másrészt szelvénybeli eloszlásuk módosulásával.



4. ábra. A szelvény karbonát tartalma (%) (12. szelvény, Remény utca)

Városi talajok osztályozása a WRB (2006) alapján

Szelvényeinket a 2006-ban megjelent WRB rendszerébe soroltuk be. A szintek megjelenését, vastagságát és mélységét összevetettük a WRB diagnosztikai kategóriáinak követelményeivel, melyeket morfológiai és/vagy analitikai adatokkal határoztak meg. A korábbiakban leírt diagnosztikai kategóriákat a WRB kulcshoz hasonlítottuk a megfelelő talajcsoport (Reference Soil Group) megtalálása érdekében. Az osztályozás következő lépcsőfoka a minősítők (qualifiers) áttekintése volt. A kulcs minden egyes talajcsoporthoz (így a Technosolokhoz is) társít előtag (prefix) illetve utótag (suffix) minősítőket (6. táblázat). Az előtag minősítők magukba foglalják a talajcsoportra tipikusan jellemző, illetve a más talajcsoportokhoz hajló átmeneti tulajdonságokat. Az összes többi minősítőt utótag minősítőként listázza, melyek vonatkozhatnak diagnosztikai szintekre, tulajdonságokra (kémiai, fizikai, ásványtani, textúra tulajdonságok stb.) és anyagokra.

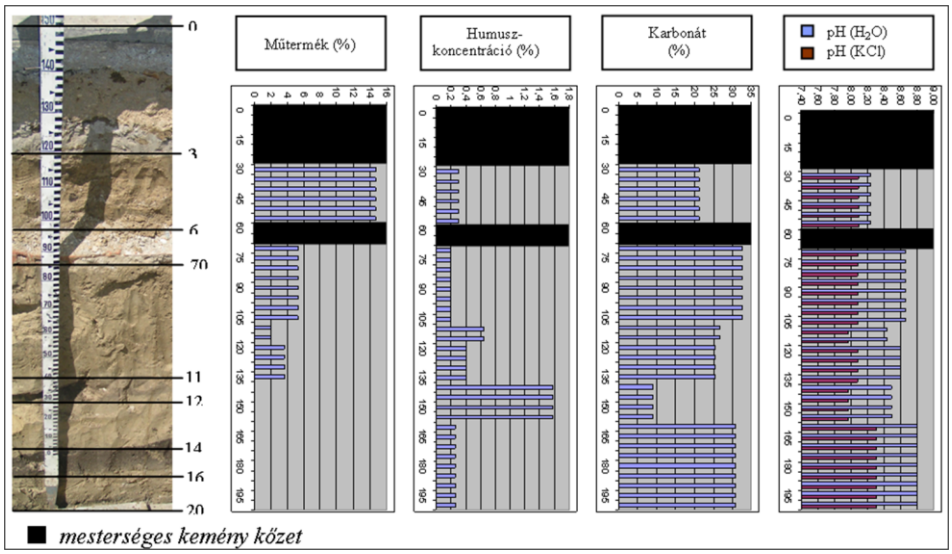
6. táblázat. A Tecnosolok kritériumai, diagnosztikai anyagai, elő- és utótag minősítői (WRB, 2006)

Technosolok kritériumai	**Jellemző diagnosztikai anyagai**	**Előtag minősítői**	**Utótag minősítők**
-legalább 20% (térfogat, súlyozott átlag) műterméket (artefacts) tartalmaznak a talaj felső 100 centiméterén belül, vagy egy összefüggő kőzetig, vagy egy cementált tömör rétegig, amelyik a felszínhez közelebb van; ***vagy***	- *Műtermékek (*Artefacts): szilárd vagy folyékony anyagok, amelyek a, ipari v. kézműves tevékenységek eredményei ***vagy*** b, emberi tevékenység által olyan mélységből felszínre hozott termékek, ahol eddig nem voltak kitéve a felszíni folyamatoknak és jelenleg más környezeti feltételek közé kerültek.	Ekranic	Calcaric
		Linic	Ruptic
		Urbic	Toxic
		Spolic	Reductic
		Garbic	Humic
		Folic	Densic
		Histic	Oxiaquatic
		Cryic	Skeletic
		Leptic	Arenic
		Fluvic	Siltic
		Gleyic	Clayic
		Vitric	Drainic
-egybefüggő, vizet nem, vagy csak nagyon lassan áteresztő, bármilyen vastagságú, mesterséges geomembránt tartalmaznak a felszíntől számított 100 centiméteren belül; ***vagy***	- *Mesterséges kemény kőzet* (Technic hard rock): ipari tevékenység eredményezett, a természetes anyagoktól eltérő tulajdonságú kemény anyag. Pl.: autóutak, járdák stb.	Stagnic	Novic
		Mollic	
		Alic	
		Acric	
		Luvic	
		Lixic	
-mesterséges kemény kőzetet tartalmaznak a felszíntől számított 100 centiméteren belül, ami a talaj vízszintes kiterjedésének legalább 95 százalékában jelen van.	- *Emberi által áthelyezett anyag:* Bármely szilárd vagy folyékony anyag, amelyet szándékos emberi tevékenység mozdított el a környező területekről bármiféle átalakítás nélkül, rendszerint gépek segítségével	Umbric	

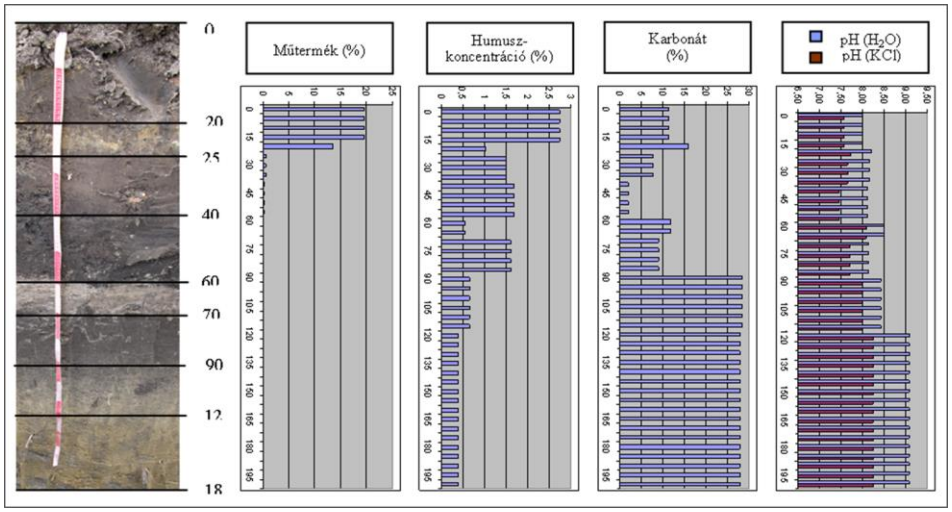
Az előtagokat a talajcsoport neve elé, míg az utótagokat azok után kell elhelyezni (zárójelben). Az eltemetett talajokat az eltemetett talaj nevéhez toldott Thapto- specifikáló előtag és az -ic toldalék jelöli.

Szeged belvárosa - más nagyvárosokhoz hasonlóan - nagyfokú beépítettséggel rendelkezik. Ennek, illetve a belváros intenzív feltöltésének köszönhetően ezen területeken általában a lefedett, teljes egészében feltöltött Technosol szelvények (pl.: 1., 5., 9., 11., 13.) a leggyakoribbak.

Ellenben a város azon részein - ahol a feltöltés mértéke csekélyebb - a feltöltés alatt megjelennek az adott genetikai talajtípusra jellemző eredeti talajszintek (pl.: 2., 3., 12., 15.), vagyis ezek a szelvények egyrészt egy feltöltött részből, illetve az eredeti természetes talaj maradványaiból tevődnek össze.



5. ábra. Ekranic Technosol (Calcaric, Ruptic) (Tisza L. krt.)



6. ábra. Urbic Technosol (Ruptic, Humic, Densic), Thapto-Phaeozemic (Füge fasor)

A legperiférikusabb területeken pedig az eredeti talajszintek szinte teljesen épek, azonban lefedettek (pl.: 7., 10.).

A feltöltött, belvárosi Technosol talajokra kiváló példa az 1. szelvény (5. ábra), amely felszíni lefedett réteggel rendelkezik. Ezt hivatott jelezni az Ekranic előtag minősítő. A felszíni borítás alatt az eredeti talajszelvény nem ismerhető fel, mivel az éles, nem pedogenetikai eredetű átmenetekkel (ezen átmenetekre utal a Ruptic utótag) rendelkező szelvény teljes egészében antropogén beavatkozás (feltöltés) eredménye.

E szelvénynél jelentős műtermék tartalom, szintenként ingadozó alacsony humusz koncentráció, szintén váltakozó magas karbonát tartalom, illetve ez utóbbinak köszönhetően magasabb pH adódott. A felszíntől 20 és 50cm között 2%-ot meghaladó karbonát tartalom következtében a szelvényt megilleti a Calcaric utótag.

A 6. ábrán látható a külső városrészből származó szelvény felső 70 centimétere feltöltés, alatta, pedig az eredeti talajszintek jelennek meg. Így a szelvényt az eredeti genetikai talajszintek (Thapto-Phaeozemic) és az őt befedő antropogén rétegek egysége alkotja. A szelvény e kettőségét bizonyítják diagnosztikai tulajdonságai is. A feltöltött rész rétegei között az átmenet éles (Ruptic utótag), míg a természetes talajszintekre fokozatos átmenet a jellemző. A feltöltött szakasz jelentős műtermék tartalommal, szabálytalan ingadozású humusz koncentrációval, illetve karbonát tartalommal bír. Ellenben a természetes talajszintek egyáltalán nem rendelkeznek műtermékkel, humuszkoncentrációjukra a szabályos csökkenő, míg a karbonát tartalmuk szabályosan növekvő tendencia a jellemző. Urbic előtaggal minősíthetjük ezt a szelvényt, mivel túlnyomórészt városi eredetű műterméket tartalmaz. A szelvény egy földút alól származik, így a nyomóerők hatására egy kompakt felszínnel rendelkezik, mely egy felső antropogén kérget eredményez. Ezt a talajfelszíntől 50cm-ig kiterjedő tömörödöttséget fejezi ki a densic utótag.

A fentebb jellemzett szegedi Technosol szelvények bemutatása során megismerkedhettünk a Technosol talajcsoport néhány tipikus minősítőjével, melyek az egyes módosulásokat hűen tükrözik a talajok elnevezésében.

Összefoglalás

A városi talajok merően más karakterisztikával rendelkeznek, mint a természetes talajok, a fő kialakító, illetve módosító tényezőjüknek, az emberi beavatkozásnak köszönhetően. A jelentős átalakító folyamatok (pl.: feltöltések, elhordások, keverés stb.) következtében az eredeti természetes talajra nem jellemző tulajdonságok, sajátságok jelennek meg a szegedi talajokban is. Eredményeink a következőkben foglalhatók össze:

A zavart, igen jelentős emberi befolyás hatására kialakult szelvények jelentős műtermék tartalommal bírnak, míg az antropogén tényezők által kevésé befolyásolt szelvények csekély műtermék mennyiséggel rendelkeznek.

Az alacsony humuszkoncentráció értékek a jellemzőek, amelyek a feltöltött szintekben rapszodikusan ingadozó, míg a természetes talajszelvények felső szintjeitől fokozatosan csökkenő tendenciát mutatnak. A nitrogéntartalom a humuszkoncentráció értékeknek megfeleltethetők.

A karbonát tartalom közepesen meszes, illetve erősen meszes kategóriába sorolható. Eredete kettős: magas mésztartalmú antropogén talajrétegekhez hozzájárul a talajképző kőzet magas karbonát tartalma.

A karbonáttal megegyező tendenciát mutat a pH, amely gyengén lúgos, illetve lúgos tartományba sorolható. A vizes és KCl-os pH különbsége megadta a savanyúságra való hajlamot, mely a szelvények felében kisebb nagyobb mértékben jelentkezik, különösen ott, ahol a karbonát kilúgozódott.

A vizsgálataink során koncentrációjukkal, illetve szelvénybeli eloszlásukkal valamennyi diagnosztikai tulajdonság jól indikálta az antropogén hatást.

A szegedi talajok osztályozása a WRB (2006) alapján történt, amely talajtípusaiból 1. illetve a 15. szelvény került részletesebb bemutatásra.

Felhasznált irodalom

Andó, M., 1979. Szeged város település-szintje és változásai az 1879. évi árvízkatasztrófát követő újjáépítés után, Hidrológiai Közlöny 6. 274-276

Avery, B. W., 1980. Soil Classification for England and Wales. Soil Survey Technical Monograph No 14. Harpenden.

Beyer, L., Cordsen, E., Blume, H.P., Schleuss, U., Vogt, B., Wu, Q., 1995. Soil organic matter composition in urbic anthrosols in the city of Kiel, NW. Germany, as revealed by wet chemistry and CMAS 13 C-NMR spectroscopy of whole soil samples. Soil Technology. 9. 121-132.

Blume, H. P., Schlichting, E. 1982: Soil problems in urban areas. − Mitteilungen Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft. 33. 1-280.

Blume, H. P., 1986. Characteristics of urban soils. In: Man and the Biosphere, edited by the German National Committee. International scientific workshop on soils and soil zoology in urban systems as a basis for management and use of green/open spaces. Berlin: UNESCO, pp. 23-46.

Bockheim, J. G., 1974. Nature and properties of highly disturbed urban soils, Philadelphia, Pennsylvania. Paper presented before Div. S-5, Soil Sci. Soc. Am., Chicago, Illionis

Bullock, P. Gregory J. 1991. Soils in the Urban Environment, Blackwell, Oxford

Buzás I., Bálint Sz., Füleky Gy., Győri D., Hargitai L., Kardos J., Lukács A., Molnár E., Murányi A., Osztoics A., Pártay G., Rédly L.né, Szebeni Sz.né 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv, A talajok fizikai- kémiai és kémiai vizsgálati módszerei

Herget, J., 1996. Räumliche Differenzierung der Schadstoffgehalte in Stadtböden Gelsenkirchens. Ber. Z. dt. Landeskunde 70 (1), 183-201.

Lehmann, A. 2004. Proposal for the consideration of urban soils within the WRB (World Reference Base for Soil Resources). In Krasnilikov, P. V. (ed.), Soil Classification, Petrozavodsk, Russia

Murray, K. S., Rogers, D. T., Kaufman, M. M. 2004. Heavy metals in an Urban Watershed in Southeastern Michigan, J Environ Qual 33, pp. 163–172.

Stefanovits, P., Filep, Gy., Füleky Gy. 1999. Talajtan, Mezőgazda Kiadó Budapest, p. 470.

http://www.fao.org/ag/Agl/agll/wrb/doc/wrb2006final.pdf: World reference base for soil resource, 2006

A digitális termőhely- és talajtérképezés erdészeti lehetőségei dombvidékeken

Illés Gábor[1] *– Kovács Gábor*[2] *– Bidló András*[2] *– Heil Bálint*[2]
[1]Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály,
1023 Budapest, Frankel Leó u. 42-44. E-mail: illesg@erti.hu
[2]Nyugat-Magyarországi Egyetem, Kémiai és Termőhelyismerettani Intézet,
Termőhelyismerettani Tanszék, Sopron

Összefoglalás

A termőhelyi feltételek ismerete a fenntartható erdőgazdálkodás megalapozottságát biztosító, elengedhetetlen alapfeltétel. Erdőterületeink egészére vonatkozóan nem rendelkezünk egységes, nagy felbontású termőhelyi és talajtérképekkel. Ezért kutatásunk céljául tűztük, hogy az információs technológiai segédeszközök és a termőhelyismeret-tan ill., erdészeti talajtan ismereteit felhasználva egy korszerű, üzemi szinten is alkalmazható digitális talajtérképezési eljárást dolgozzunk ki, melyben a terepi felvételek tervezéséhez és az eredmények térbeli kiterjesztéséhez térinformatikai és statisztikai módszereket használunk. Jelen cikkben ezen kutatásunk irányairól, a kísérleti területekről és eddigi eredményeinkről adtunk rövid áttekintést.

Summary

Providing a sound basis for sustainable forest management it is indispensable to have satisfactory information on land-site conditions. Concerning the whole area of our forested lands we still do not have high resolution site- and soil maps prepared in a unified and practical way. For this reason we chose the aim of our research the development of a forestry oriented digital site- and soil mapping tool, which may combine the advantage of information technology and the sound basis of expert knowledge from the fields of soil- and landsite science. To achieve this goal we apply geographical information systems and multivariate statistics in order to decide on soil sampling designs and to evaluate results of samplings as well as to help the spatial extension of sampling data. In this paper we provide a short communication about the main aspects of research activities, pilot areas and preliminary results.

Bevezetés

Az erdőgazdálkodásban kiemelt jelentősége van a termőhelyi feltételek pontos ismeretének. Ennek oka abban az egyszerű tényben kereshető, hogy az erdőgazdálkodónak nem, áll módjában a termőhelyi adottságokat (klíma, hidrológia, talajtulajdonságok) lényegi módon befolyásolni: azokhoz alkalmazkodni kénytelen. A termőhelyi feltételek az erdőgazdálkodást alapjában határozzák meg, kezdve az erdőrészlet beosztástól a fafajválasztáson át a gazdálkodási célok területi megosztásáig.

Magyarország területének durván 1/5-ét erdők borítják. További, nagyterületű erdősítési terveink és célprogramjaink vannak (NEP, 2004). Ezek megvalósításához és a további fenntartható és tervszerű erdőgazdálkodás sikeres folytatásához rendelkeznünk kell erdeinkre vonatkozó részletes termőhelyi- és talajtani információval. Sajnos, az erdővel borított területek a múltban végzett országos talajtérképezési felméréseknek nem voltak vizsgálati objektumai. Erdőterületek termőhely-térképezésével a mai Állami Erdészeti Szolgálat (korábban MÉM Erdőrendezési Szolgálat) erdőtervezői foglalkoztak. Ennek ellenére jelenlegi erdőterületeink egészéről nem rendelkezünk egységes minőségű és felbontású térképi információval. Az ok nem a törekvés, vagy a termőhelyi feltételek leírására alkalmas ismeretek hiánya volt, hiszen elkezdődött az erdőterületek talaj- és termőhely térképezési munkája, de ez sajnos finanszírozási nehézségek miatt nem fejeződhetett be. Erdőterületeinkre vonatkozóan mégis rendelkezünk termőhelyre vonatkozó leíró információkkal, amelyek nem egységes módon (részben közvetett információkra alapozva) és nem egységes minőségben állottak elő, ezért megbízhatóságuk mértéke is ismeretlen. Mindezért szükség van erdeink termőhelyének minél részletesebb megismerésére alkalmas, korszerű módszerek kimunkálására.

Anyag és módszer

Az erdészeti termőhely-értékelés

Ahhoz, hogy hatékonyan tudjuk segíteni a termőhely- és talajtérképezés munkáját (Babos et al, 1966) és az ehhez kapcsolódó erdőművelési feladatokat, szükséges ismernünk hogyan épül fel, és milyen információkat igényel az erdészeti termőhely-értékelés rendszere (Danszky (szerk.), 1963). A rendszer kidolgozása Járó Zoltán és munkatársai nevéhez fűződik. Összefoglalóan legutóbb Szodfridt, 1993-as munkájában olvasható.

Az erdőhöz kapcsolódó termőhely értékelések három tényezőt vesznek figyelembe:

- a klímát,
- bizonyos hidrológiai tulajdonságokat, illetőleg
- a talaj bizonyos tulajdonságait.

A klíma figyelembe vételére kidolgozták az erdészeti klímatípusok rendszerét, melyek a jellemző fafajok előfordulását és hozzájuk köthető klimatikus paramétereket használja a makroklíma, vagy a domborzattal módosított makroklíma jellemzésére. A klímatípusok jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. Az erdészeti klímatípusok és főbb jellemzőik

Klíma-kategória	Átlagos hőmérséklet	Évi csapadékösszeg	Júliusi 14^h-ás relatív páratartalom	Részesedés az erdőterületből	Teszt fafaj
Bükkös (B)	<8°C	700-800 mm	>60%	8,8%	Bükk
Gyertyános tölgyes (GYT)	8-9°C	650-700 mm	55-60%	38,2%	Gyertyán
Cseres ill. kocsánytalan tölgyes (CS-KTT)	9-10°C	600-650 mm	50-55%	27,9%	Kocsánytalan tölgy, cser
Erdősztyepp (ESZTY)	>10°C	550-600 mm	<50%	25,1%	Nincs kitüntetett fafaj

A hidrológiai viszonyok értékelésében a légköri csapadékon kívüli és a faállomány számára többletvízként hasznosítható vízformák figyelembe vétele történik. A vízformák jelenlétét a hidrológiai kategóriák megjelölésével jellemezzük. Ismertetésüket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. A hidrológiai kategóriák és főbb jellemzőik

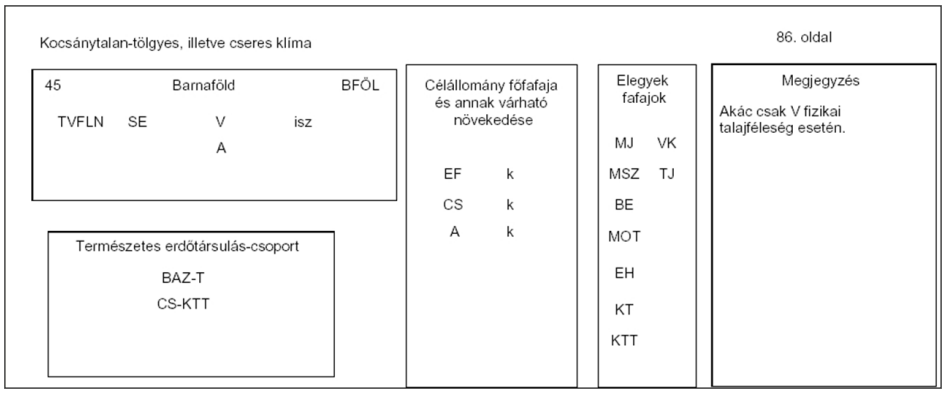
Hidrológiai kategória	Jellemzés	Részesedés az erdőterületből
Többlet vízhatástól független	Nincs hasznosítható többletvíz.	80%
Változó vízellátású	A víztöbblet a felszínen vagy a talaj felső rétegében jelentkezik és nincs kapcsolatban a talajvízzel.	1,8%
Szivárgó vizű	A lejtők lábánál, a leszivárgó víz többletvízként jelentkezik.	0,8%
Időszakos vízhatású	Az átlagos áprilisi talajvízszint 150-220 cm között elérhető	12,9%
Állandó vízhatású	Az áprilisi talajvízszint 80-150 cm közötti.	3,7%
Felszínig nedves	Az áprilisi talajvízszint 50-80 cm közötti.	0,8%
Vízzel borított	A feltalaj az egész tenyészidőszakban a zárt kapilláris zónába esik.	<0,1%

A talaj tulajdonságait három szempont szerint vesszük figyelembe. Ez a három tulajdonság a genetikai talajtípus, termőréteg vastagsága és fizikai félesége. A genetikai talajtípus nem szorul magyarázatra, a termőréteg vastagság és a fizikai féleség részletezése a 3. táblázatban található.

3. táblázat. A talaj termőhely-értékelésben vizsgált tulajdonságai

Termőréteg vastagsági kategóriák		Fizikai féleség a szöveti frakciók összetételéből
B, GYT	CS-KTT, ESZTY	
Igen sekély ISE (0-20cm)	Igen sekély ISE (0-40cm)	Törmelék TÖ
Sekély SE (20-40cm)	Sekély SE (40-60cm)	Durva homok DH
Közepesen mély KMÉ (40-60cm)	Közepesen mély KMÉ (60-90cm)	Homok H
Mély MÉ (60-100cm)	Mély MÉ (90-150cm)	Homokos vályog HV
Igen mély IMÉ (>100cm)	Igen mély IMÉ (>150cm)	Vályog V
		Agyagos vályog AV
		Agyag A
		Agyagos homok AH
		Homokos agyag HA
		Nehéz agyag NA
		Kotu, tőzeg KO

Ezeknek a paramétereknek a függvényében állapítunk meg egy termőhelytípus változatot, amelyen a fafajválasztás alapul (1. ábra) és segít egyéb, pl. rendeltetésbeli döntések meghozatalában.



1. ábra. Részlet a termőhelytípushoz kötődő, a fafajválasztást segítő táblázatból

A termőhelyi adataink megbízhatósága

Az üzemtervek adatai között erdőrészlet szinten (4-5 ha/részlet átlagos méret mellett) (ÁESZ, 2002) rendelkezünk bizonyos termőhelyre vonatkozó információkkal. Ezek az adatok részben közvetlen termőhely feltárás alapján (3-5 ha/talajszelvény elvárt adatsűrűség), részben származtatott adatok (részletmegosztás, közvetett termőhely meghatározás) révén állnak rendelkezésre. Összességében azt mondhatjuk ezekről az információkról, hogy ezek egy egyenetlenül változó minőségű adatállomány részeként állnak

rendelkezésre. Emiatt pontosságukat és megbízhatóságukat nem tudjuk megítélni. Szélsőséges esetben egészen extrém eltérések is előfordulhatnak (Bidló et al, 2003). A termőhelyre és a talajra vonatkozó adatok térképi megjelenítése az erdőrészlethatárokhoz igazodva történik M=1:10 000 vagy 20 000 (2. ábra).

A jelenlegi kutatás célja, aktualitása

Célunk termőhelytípus – esetleg termőréteg mélység adattal kiegészített –, termőhelytípus-altípus digitális térképek előállítása, amelyek erdőrészlet szinten értelmezhetők, M=1:10 000 terepi felbontásban. A térképek előállítása legyen költséghatékony és a jelenlegi termőhely térképezésre fordítható anyagi lehetőségek mellett, üzemi szinten is elvégezhető. Lehessen megbízhatósági mérőszámokkal jellemezni és átlagosan viszonylag kevés, 10-20 ha/1 feltárási hely, esetleg kevesebb terepi felvétel igényű legyen (Behrens et al, 2005).

A téma aktualitását egyfelől a racionális és fenntartható gazdálkodás igénye, másfelől ezen térképek jelenlegi hiánya, harmadrészt pedig a digitális talajtérképezési technológiák rohamos fejlődése is alátámasztja (Dobos et al, 2000; Dobos et al, 2006; Pásztor et al, 2002).

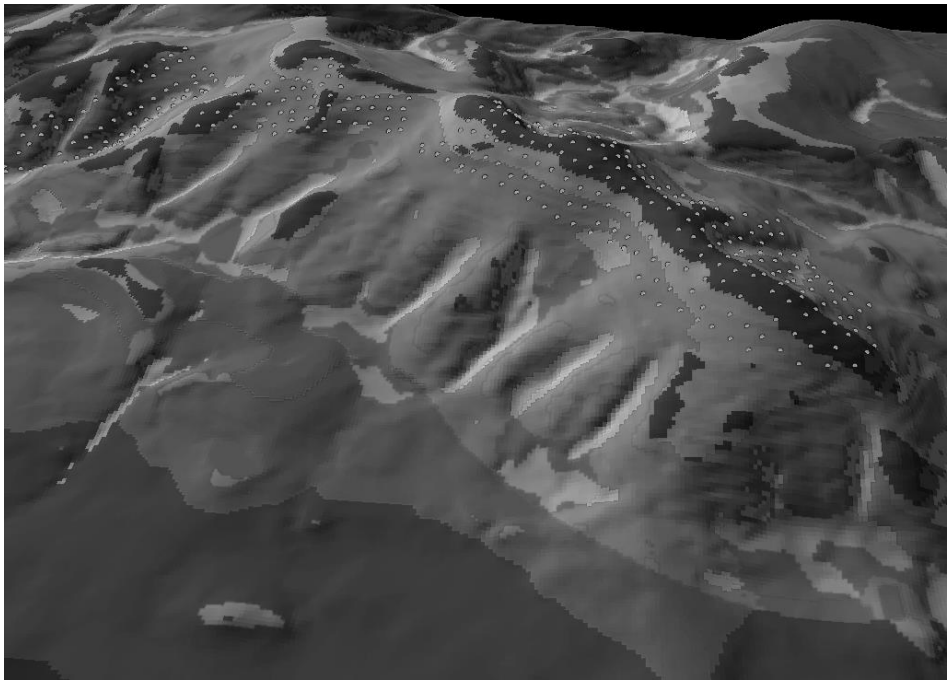
2. ábra. Példa erdőterületek (erdőrészletek) talaj adatainak jelenlegi térképi ábrázolására

A felhasznált, ill. felhasználható digitális adatbázisok köre

A kutatás során igyekszünk már meglévő digitális adatbázisokat felhasználni. Ilyen például, és a makro-klimatikus viszonyok jellemzésére jól használható az OMSZ által szerkesztett digitális térképek, melyek az erdészeti termőhely értékelés alkalmával figyelembe vett klimatikus paramétereket is tartalmazzák (Mátyás és Czimber, 2004).

Az alapkőzet, vagy ágyazati kőzet azonosításához elvben alkalmazhatók lennének a MÁFI földtani térképei, de ezek csak esetlegesen állnak rendelkezésre az általunk célul kitőzött méretarány közelében.

A domborzattal összefüggő termőhelyi adottságok értékeléséhez legegyszerűbb módon az M=1:10 000 méretarányú EOTR-ben készült topográfiai térképek digitalizált adatait használhatjuk. Ez alapján a jellemző domborzati egységek jól elkülöníthetők (3. ábra).



3. ábra. Példa egy nagyobb erdőtömb területének domborzati felosztását tartalmazó térkép perspektivikus ábrázolására. Azonosíthatók a gerincek, völgyek, ill. lejtő-kategóriák. A pontok a mintavételi helyeket jelölik

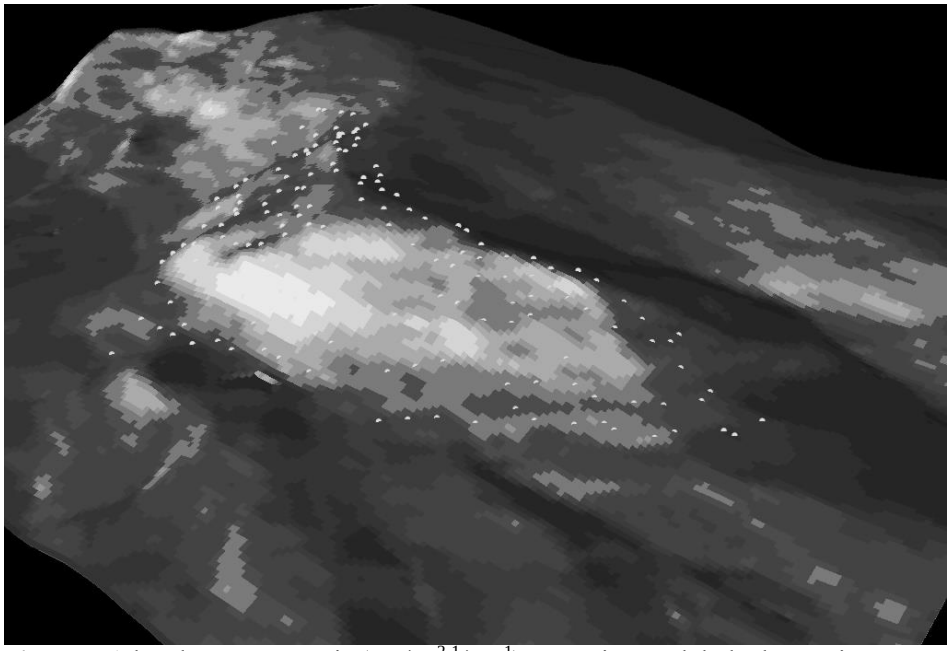
A beérkező napenergia mennyiségét, ami egyrészt a földrajzi szélességtől, a domborzattól, illetve a felszín borításától függ, másrészt pedig a légkör állapotától (hőmérséklet, páratartalom, portartalom), fontos lehet ismerni – ha nem is a pontos értékét, de a különbségeket és a nagyságrendi értékeket –, mivel

hosszú távon alapvetően befolyásolja a vegetáció összetételét és a talajfejlődési folyamatokat egyaránt. A GIS alapú, nagyságrendi becsléseket adó napenergia kalkulátorok (4. ábra), és a részletesebb paramétereket figyelembe vevő, egy konkrét helyre vonatkoztatható becslést adó napenergia kalkulátorok (McCune and Keon, 2002) felhasználásával vizsgálhatjuk, a számunkra kérdéses terület évi energia bevételi különbségeit.

A feltárt pontjaink (pedon) térképi azonosítására az erdőterületek alatt is 3-5 m-es horizontális pontossággal (90%-os valószínűséggel) jellemezhető GPS készülékek alkalmazhatók. A mintavétel stratégiájára részletesen, a terjedelmi korlátok miatt nem térünk ki, de hangsúlyozzuk a megfelelő mintavétel tervezés fontosságát. Itt csak annyit jegyzünk meg, hogy a mintaterületek kijelölésében a földrajzi információs rendszerből nyerhető adatok nagy segítséget nyújtanak és ma már nem nélkülözhetők.

Az értékelés eszközei

A terepi felvételi adatok és a földrajzi információs rendszer adatainak térbeli pozíción alapuló egyesítése után az összefüggések vizsgálatában és feltárásában többváltozós statisztikai módszereket alkalmazunk (eloszlás vizsgálatok, regressziós módszerek, klasszifikációs fa és diszkriminancia vizsgálatok) (McBratney et al, 2003; Scull, 2003).



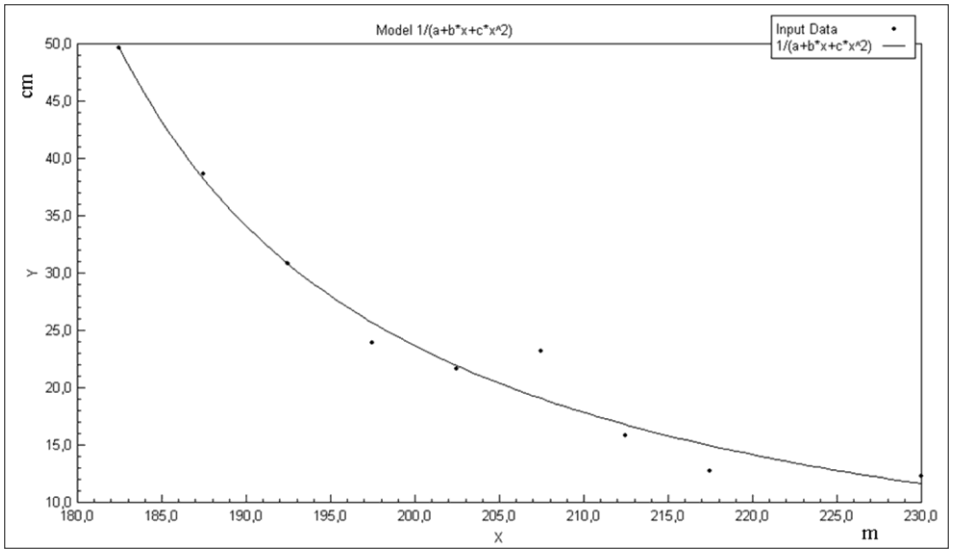
4. ábra. A beérkező napenergia (MJ*m^{2-1}*$év^{-1}$) mennyiségének különbség mintázata a Kékesen. A világos és sötét foltok között majdnem négyszeres a különbség

Kísérleti területeink az alábbi térségekben találhatók: Bőny, Gönyü, Devecser, a Hanság, Szántód, a Várhegy és Kékes erdőrezervátumok (Horváth és Borhidi, (szerk.) 2002).

Eredmények és konklúziók

Eddigi eredményeink főleg a módszertani kérdések vizsgálata során, ill. kísérleti alkalmazás révén születtek, róluk korábban már beszámoltunk. Egy-két eredményt kiemelünk ezek közül az alábbiakban:

Egyes talajtulajdonságok nagyon jól követik a környezeti változók, pl. a domborzat változásából adódó térbeli mintázatokat. Ilyennek találtuk a humuszos A-szint vastagságának alakulását a Devecser melletti Széki erdőben (5. ábra). Ugyanez a tulajdonság a más talajtípusokkal is jellemezhető Várhegy erdőrezervátum területén más jellegű összefüggést mutatott. Ez rávilágít arra, hogy nagyon korlátozott az egyes vizsgálatokból nyerhető általánosan érvényes következtetések köre. Fontos továbbá, hogy jelentősen eltérő földrajzi környezetben a növényzet összetételének a talajra gyakorolt hatása is figyelembe veendő.



5. ábra. A tengerszint feletti magasság [m] (X-tengely) és az A-szint vastagságának kapcsolata [cm] (Y-tengely) a Devecser környéki Széki erdő területén. (R^2=0,97)

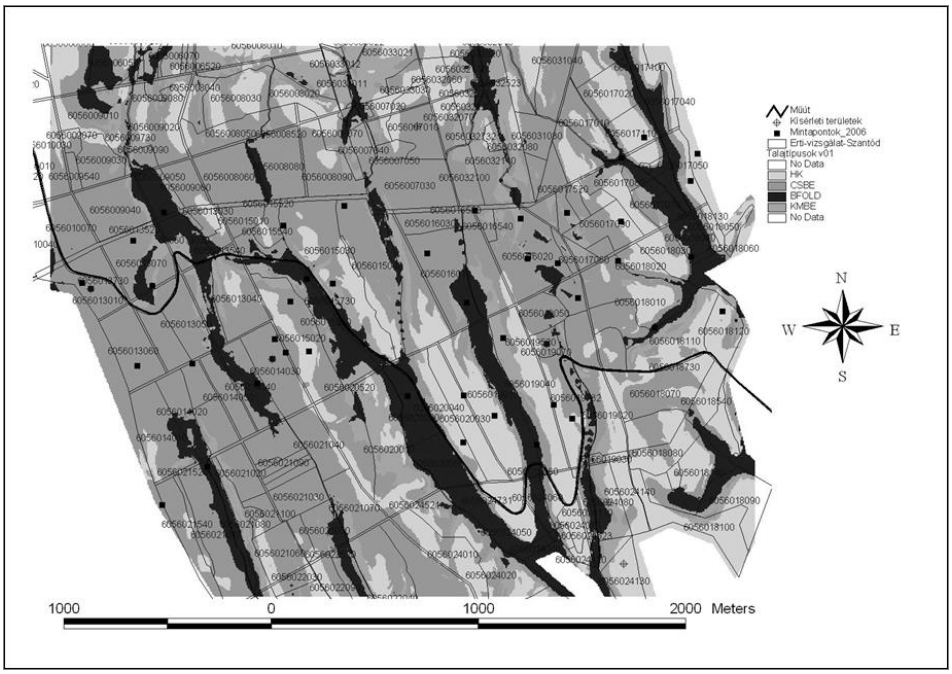
Annak vizsgálata során, hogy a domborzat információit felhasználva a mintavétel tervezése racionalizálható-e, a következő választ adhatjuk: A szántódi kísérleti területen a jellemző domborzati elemek területarányában végzett véletlen mintavételes térképezés és diszkriminancia függvényeket alkalmazó feldolgozás rámutatott, hogy alacsonyabb (10ha / szelvény)

m

mintaszám mellett is hatékony lehet a térképezés. Ebben az esetben azonos talajképző kőzet esetén, kis területi lépték mellett a domborzat szerepe elsődleges (4. táblázat, 6. ábra).

4. táblázat. Az osztályozó függvény találati pontossága a szántódi kísérletben

Talaj típusok	Helyesen osztályozott (%)
Humusz karbonát	70
Csernozjom barna erdőtalaj	87
Ramann-féle barnaföld	60
Karbonátmaradványos barna erdőtalaj	10
Összes	60



6. ábra. A mintavételekből és domborzati elemekből diszkriminancia analízissel levezetett talajtérkép (HK: humusz karbonát, CSBE: csernozjom barna erdőtalaj, BFOLD: Ramann-féle barnaföld, KMBE: karbonátmaradványos barna erdőtalaj)

Az eddigi vizsgálatok során kapott eredmények sok további kérdést vetnek fel és kevés az általánosan érvényesíthető megállapítás. További területeken folytatott vizsgálatok szükségesek, hogy az eredményeinkből nyerhető általános következtetéseket megerősíthessük.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az OTKA és az NKTH közös finanszírozású OTKA-A07 programjában támogatásban részesül.

Irodalomjegyzék

Állami Erdészeti Szolgálat, 2002. Magyarország erdőállományai, 2001. ÁESZ. Budapest. 250 pp.

Babos I., Horváthné dr. Proszt S., Járó Z., Király L., Szodfridt I., Tóth B. 1966: Erdészeti termőhelyfeltárás és térképezés. Akadémiai Kiadó, Budapest. p.: 493.

Behrens, T., Förster, H., Scholten, T., Steinrücken, U., Speis, E-D., Goldschmitt, M. 2005. Digital soil mapping using artificial neural networks. J. Plant Nutr. Soil Sci. **168.** 1–13.

Bidló, A., Heil, B., Illés, G., Kovács, G., 2003. A magyarországi erdészeti termőhelyosztályozás és ennek problémái. In: Földminősítés és földhasználati információ. Konferencia kiadvány. 115–124. Veszprémi Egyetem. Keszthely.

Danszky, I. (szerk). 1963. Magyarország erdőművelési tájainak erdőfelújítási és erdőtelepítési irányelvei I-VI. OEF. Budapest.

Dobos, E., Michéli, e.,Baumgardner, M.F., Biehl, L. Helt T. 2000. Use of combined digital elevation model and satellite radiometric data for regional soil mapping. Geoderma. **97.** 367–391.

Dobos, E., Carré, F., Hengl, T., Reuter, H.I., Tóth, G. 2006. Digital Soil Mapping as a support to production of functional maps. EUR 22123 EN, 68 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.

Horváth, F., Borhidi, A. (szerk.) 2002. A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó. Budapest. 289 pp.

Mátyás, Cs., Czimber, K. 2004. A zonális erdőhatár klímaérzékenysége Magyarországon – előzetes eredmények. Erdő és klíma IV. kötet. Nyugat-Magyarországi Egyetem. Sopron. 35-44.

McBratney, A. B., Mendonca Santos, M. L., Minasny, B. 2003. On digital soil mapping. Geoderma. **117.** 3–52.

McCune, B., Dylan, K. 2002. Equations for potential annual direct incident radiation and heat load index. Journal of Vegetation Science. 13:603-606.

Nemzeti Erdőprogram 2006-2015. évi megvalósítási terve a Kormány 1110/2004 (X.27.) határozatának 3. pontja alapján.

Pásztor L., Szabó J., Bakacsi Zs. 2002. GIS Processing of Large-scale Soil Maps in Hungary. Agrokémia és Talajtan, **1-2.** szám, 273-282.

Scull, P. 2003. Predictive soil mapping: a review. Progress in Physical Geography. **27.** 171–197.

Szodfridt, I. 1993. Erdészeti Termőhelyismeret-tan. Mezőgazda. Budapest. 317 pp.

Az erdő- és szántóművelésű területek talajadottságainak összehasonlítása a Somogy megyei tájakon

Markó András – Labant Attila
Somogy Megyei MgSzH Növény- és Talajvédelmi Igazgatóság,
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 20. E-mail: marko.andras@somogy.ontsz.hu

Összefoglalás

Somogy megyének a barna erdőtalajok zónájában lévő tájai esetében vizsgáltuk, a tartósan erdő alatti talajokhoz képest a korábban erdősült, jelenleg szántóművelésű területek talajainak milyen tulajdonságai változtak, és a változások milyen mértékűek. A kiválasztott talajszelvények összehasonlítása szerint a szántóművelés hatására a talajszelvény felső szintjei, a humusztartalom, a savanyúság és a mészprofil módosult.

Az erdőterületekről rendelkezésre álló szelvényleírások alapján megállapítottuk, a somogyi tájak összefüggő, nagyobb kiterjedésű erdőire nem a zonális barna erdőtalajok, hanem az intrazonális talajok, Külső-Somogyban löszös üledéken a kőzethatású talajok (humuszkarbonát talaj), Belső-Somogyban homokon a váztalajok (humuszos homok) jellemzőek. (2. és 3. ábra) Ennek ismeretében következtetésünk, a mezőgazdasági területek talajtérképezéseinek megállapításai az átnézeti talajtérképeken nem terjeszthetők ki a somogyi tájak összefüggő, nagyobb erdőségeinek területére.

Bevezetés

A barna erdőtalajok zónájában talajtérképezést végzőknél általában felvetődik, - az erdővel hasznosított és az erdő közeli vagy távoli múltban történt kiirtását követően a szántóként művelt területek talajadottságai között vannak-e különbségek és a különbségek milyen változásokban nyilvánulnak meg. Tekintettel arra, hogy Somogy megye is az erdőtalajok zónájában található, célul tűztük és kísérletet tettünk az erdő- és szántó hasznosítású területek talajadottságainak természetföldrajzi tájankénti összehasonlítására.

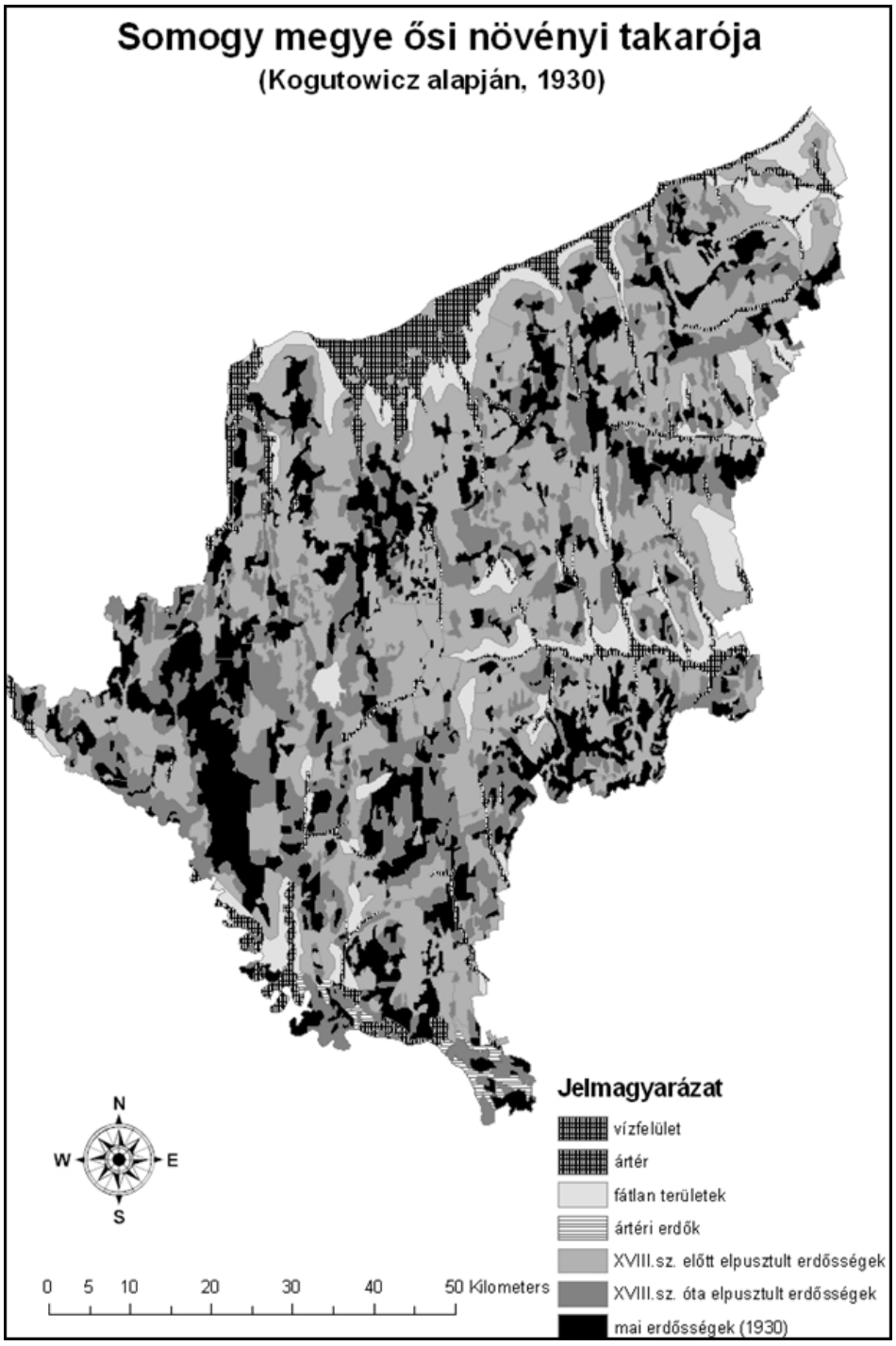
Az összehasonlítást nehezíti, hogy az elmúlt évszázad talajtérképezései csak a mezőgazdasági hasznosítású területekre terjedtek ki. A talajtérképezések alapján készített országos átnézeti talajtérképeken a mezőgazdasági területekre tett megállapítások pedig ki lettek terjesztve az erdőterületekre (Magyarország genetikus talajtérképe, agrotopográfiai térkép).

Anyag és módszer

Az erdőművelésű és a szántóhasznosítású területek talajadottságainak összehasonlításhoz, véleményünk szerint megfelelő hátteret biztosít a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM) keretében 1992-ben felvett 54 db mezőgazdasági és 20 db erdőterületről, valamint az Erdővédelmi Hálózat (EVH) 4 x 4 km-es kötésű pontjairól szintén 1992-ben feltárt 102 db erdei szelvény leírása és laborvizsgálati anyaga.

A rendelkezésre álló szelvényleírások és laboratóriumi vizsgálati eredményekből kiválogattuk Somogy megye egyes tájaira leginkább jellemző talajtípus erdő- és szántó művelésű, egymás közeli területen, azonos térszínen feltárt egy-egy szelvényének anyagát. A két szelvény adatainak összevetéséből kíséreltük meghatározni, az erdő kiirtását követően, a szántóként való hasznosítás, az évenként talajművelés és az egynyári növények termesztése milyen változást eredményezett a talaj fontosabb tulajdonságaiban.

Somogy megye erdőségeit lefedő szelvényleírások egyúttal lehetőséget biztosítottak annak vizsgálatára, az előző évszázadban a mezőgazdasági területeken végzett talajtérképezések megállapításai kiterjeszthetők-e vagy nem az erdővel borított területekre. Ennél az elemzésnél a rendelkezésre álló, történelmi visszatekintést adó térképanyagok alapján figyelembe vettük az erdőborítottságnak a korábbi évszázadokban való létezését is.


Somogy megye ősi növényi takarója
(Kogutowicz alapján, 1930)
N
W
E
S
0 5 10 20 30 40 50 Kilometers
Jelmagyarázat
vízfelület
ártér
fátlan területek
ártéri erdők
XVIII.sz. előtt elpusztult erdősségek
XVIII.sz. óta elpusztult erdősségek
mai erdősségek (1930)

1. ábra

Eredmények, következtetések

Külső-Somogy - meghatározó részét a meridionális völgyekkel feldarabolt lösztáblák jellemzik, ahol a löszös üledéken (lösz, homokos lösz) NY-K-i irányban az agyagbemosódásos barna erdőtalaj, a típusos Ramann-féle barna erdőtalaj, a csernozjom barna erdőtalaj és a mészlepedékes csernozjom váltja egymást. A típusváltás alapvetően a klimatikus viszonyokra, az átlagos csapadék csökkenő mennyiségére vezethető vissza.

A külső-somogyi tájon belül az erdő alatti szelvényhez képest a szántó talajszelvényének változását Somogyjádon, sík térszínen, egymás közelében feltárt szelvénynél volt lehetőség összehasonlítani:

1. táblázat

Gen. szint	Mélység cm	K_A	Agyag %	Fizikai féleség	Humusz %	pH (H_2O)	Mész %	Hidr. aciditás	
								y_1	y_2
Somogyjád, erdő (akácos), nem podzolos agyagbemosódásos barna erdőtalaj löszös üledéken (E 5614)									
A	0 - 20	42	18,4	i v	1,58	5,13	0	24,9	4,0
B	20 - 75	46	31,9	i a v	0,59	6,31	0	9,71	
C_1	75 - 105	40	19,8	i v	0,63	8,27	25		
C_2	105-150	33	14,8	i v	0,56	8,21	17		
B/A szint agyagtartalma 1,73									
Somogyjád, szántó, típusos Ramann-féle barna erdőtalaj löszös üledéken (I 3414)									
A_{sz}	0 - 35	39	24,2	i v	1,26	6,52	0	7,7	
B_1	35 - 75	42	29,87	a v	0,61	6,95	0	5,9	
B_2	75 - 95	39	25,63	i v	0,43	7,56	1		
C	95 - 150	39	16,49	i v	0,46	8,23	21		
B/A szint agyagtartalmának hányadosa 1,14									

Az erdő alatti szelvényhez képest a szántó talajszelvénye:

- A B-szintből történt hozzászántás következtében a szántó humuszos A-szintjének mélysége majdnem megduplázódott (+ 15 cm);
- a szántónál a humusztartalom csökkent (mineralizáció, hígulás);
- az A-szint agyagtartalma több (+ 5,8 %);
- az A-szint savanyúsága jelentősen mérséklődött;

- a talajszelvény a B_1-szintig visszameseződött;
- a textúrdiffercia 1,73-ról 1,14-re módosult;
- a talajművelés, elsősorban az elmúlt évtizedek mélyítő művelése következtében a talajtípus módosult, az erdő alatti agyagbemosódásos barna erdőtalajból típusos Ramann-féle barna erdőtalaj (barnaföld) alakult ki.

Külső-Somogy északi részén (Magas-Somogy) a lösztáblákon kívül élénken tagolt meridionális hátak is vannak, ilyen a Balatonföldvár-Andocsi-hát, a Karádi-hát, a Balatonboglár-Gamási-hát, de ilyen Ságvár-Balatonendréd-Zamárdi és Kára-Somogyacsa-Somogydöröcske-Törökkopány térsége is. Ezeken a lejtős vagy meredek, szántó művelésre nem vagy kevéssé alkalmas részeken a történelmi adatok szerint összefüggő erdőségek voltak, és jelenleg is azokat találjuk. A Külső-Somogyra jellemző barna erdőtalajokkal szemben, az összefüggően erdősült területek erős tagoltsága és lejtésviszonyai miatt, az EVH és más célú feltárások szerint a humuszkarbonát talaj (kőzethatású talajok) a meghatározó talajtípus. Erre jellemző példa a Kára határában, erdő alatt feltárt humuszkarbonát talaj szelvénye:

2. táblázat

Gen. szint	Mélység cm	K_A	Agyag %	Fizikai féleség	Humusz %	pH (H_2O)	Mész %	Hidr. aciditás	
								y_1	y_2
Kára, erdő (elegyes - csertölgy, erdei fenyő) humuszkarbonát talaj löszös üledéken (E 5514)									
A	0-25	43	22,56	iv	1,63	7,98	8		
A/C	25-65	42	17,29	iv	0,75	8,28	29		
Cca	65-100	34	12,97	iv	0,48	8,48	30		
C_2	100-150	34	13,54	iv	0,44	8,42	27		

Zselic - Baranyai dombsághoz tartozó kistáj, melynek északi része Somogyhoz tartozik. A táj mély völgyekkel, keskeny völgyközi hátakkal tagolt, ezért korábban és jelenleg is túlnyomó része erdősült. A kevés szántóművelésbe vont terület a mezőgazdasági hasznosítás szempontjából kedvezőtlen adottságú, erodált. A felszíni löszös üledéken általában az agyagbemosódásos barna erdőtalajt találjuk meg.

A zselici tájon belül az erdő alatti szelvényhez képest a szántó talajszelvényének változását Zselickislakon és Szennán, K-i tájolású lejtős térszínen, viszonylag egymás közelében feltárt szelvényeknél volt lehetőség összehasonlítani:

3. táblázat

Gen. szint	Mélység cm	K_A	Agyag %	Fizikai féleség	Humusz %	pH (H_2O)	Mész %	Hidr. aciditás	
								y_1	y_2
Zselickislak, erdő (elegyes - gyertyán, tölgy, bükk), nem podzolos agyagbemosódásos barna erdőtalaj löszös üledéken (E 6014)									
A_1	0 - 10	43	15,91	i v	3,59	6,25	0	12,79	
A_3	10 - 20	38	19,34	i v	1,31	5,35	0	20,74	6,56
B_1	20 - 62	43	30,74	i a v	0,65	5,66	0	15,74	3,91
B_2	62 - 85	39	25,29	i v	0,55	6,52	0	7,71	
C	85 -150	41	14,98	i v	0,45	8,22	16		
B/A szint agyagtartalmának hányadosa 1,59									
Szenna, szántó, erodált agyagbemosódásos barna erdőtalaj löszös üledéken (I 4114)									
B_{sz}	0 - 30	39	25,79	i v	1,04	6,8	0	6,41	
B_2	30 - 55	42	26,35	i v	0,61	7,57	0,6		
C_1	55 - 95	38	14,31	i v	0,27	8,3	16		
C_2	95 - 150	32	14,09	i v	0,26	8,4	16		

A zselickislaki erdő alatti szelvényhez képest a szennai szántó szelvénye:

- Az A-szint az erózió következtében hiányzik, a művelés a B-szinten történik (közepesen erodált szelvény);
- az erdő alatti szelvény magas humusz tartamú A_1-szintjével szemben (3,59 %), a szántó művelt rétege gyengén humuszos (1,04 %);
- visszameseződött a B_{sz}-szintig;
- a művelésbe vétel óta eltelt viszonylag rövid időszakban (egy-másfél évszázad) az erózió gyors ütemű volt;
- ha tekintettel vagyunk az erózió jelenségére is, a szelvény erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajnak tekinthető; a talajtípus megegyezik az erdő alatti szelvény típusával.

Belső-Somogy – futóhomok felszíné formálódott folyóvízi hordalékkúp, ahol a jelenkorban (holocén) a felszíni homokmozgás a több csapadék, a felszín közeli talajvíz és az erdősültség következtében megszűnt. A táj sík térszínű területein, iszapos homok alapkőzeten az agyagbemosódásos barna erdőtalaj alakult ki, mint domináns talajtípus. A különböző típusú garmadák

(homokbuckák) feszínén viszont megtalálható a rozsdabarna Ramann- és a kovárványos barna erdőtalaj, valamint a humuszos homok és a futóhomok is.

A belső-somogyi tájon belül az erdő alatti szelvényhez képest a szántó talajszelvényének változását Somogyudvarhelyen és Háromfán sík térszínen, viszonylag egymás közelében feltárt szelvénynél volt lehetőségünk összehasonlítani. (A folyóvízi hordalékkúp eredet miatt a két szelvény szövetében van különbség.):

4. táblázat

Gen. szint	Mélység cm	K_A	Agyag %	Fizikai féleség	Humusz %	pH (H_2O)	Mész %	Hidrolitos aciditás	
								y_1	y_2
Somogyudvarhely, erdő (kocsányos tölgy), nem podzolos, agyagbemosódásos barna erdőtalaj iszapos homokon (E 6714)									
A_1	0- 20	29	7,76	h v	0,95	5,31	0	16,1	3,78
A_3	20- 50	25	8,01	h v	0,41	4,75	0	18,92	11,9
B_1	50- 90	37	23,48	h a v	0,31	4,93	0	6,87	4,44
B_2	90-120	26	11,15	h v	0,24	5,18	0	8,85	9,85
C	120-150	35	12,96	h v	0,26	5,64	0	8,07	2,87
B/A szint agyagtartalmának hányadosa 2,19									
Háromfa, szántó, nem podzolos, agyagbemosódásos barna erdőtalaj homokon (I 0414)									
A_{sz}	0- 30	31	14,07	h v	1,05	6,09	0	11,14	0,34
B_1	30- 85	36	24,56	v	0,42	5,63	0	9,93	0,9
B_2	85-140	27	10,28	h v	0,2	5,97	0	5,33	0,2
C	140-160	25	4,35	h	0,16	6,27	0	3,61	0,4
B/A szint agyagtartalmának hányadosa 1,23									

Az erdő alatti szelvényhez képest a szántó talajszelvénye:

- A humuszos A_1-szint a kilúgzási A_3-szinttel a szántóművelés következtében össze lett keverve;
- a humusztartalomban nincs lényeges különbség;
- a felső szintek savanyúsága kisebb mértékű;
- a B/A szint agyagtartalmának hányadosa (textúrdifferenciáció) kisebb;
- a szántóművelés következtében a talajtípus nem módosul, mindkét szelvény esetében nem podzolos, agyagbemosódásos barna erdőtalaj.

Belső-Somogy erdősültsége magas arányú, összefüggő nagy erdőterületek is vannak. Ilyen a Boronka melléki Tájvédelmi Körzet (Marcali, Mesztegnyő, Nagybajom határában); a Szentai erdő (Inke, Kaszó, Szenta, Bolhás határában); valamint a Duna-Dráva Nemzeti Park részét képező, korábbi Barcsi Tájvédelmi Körzet (Barcs, Darány, Istvándi határában). Az összefüggő erdőterületek területén, a Belső-Somogyra jellemző agyagbemosódásos barna erdőtalajjal szemben, meghatározó arányban a humuszos homoktalajt találjuk. Bár a talajszelvényeken a barna erdőtalajok morfológiai bélyegei (rozsdás árnyalat, 1 méternél mélyebben megjelenő kovárványcsíkok) enyhe jelzés formájában felismerhetők, de lényegben a humuszos homoktalajok közé sorolhatók. Erre példa a Szentai erdőben feltárt szelvény:

5. táblázat

Gen. szint	Mélység cm	K_A	Agyag %	Fizikai féleség	Humusz %	pH (H_2O)	Mész %	Hidrolitos aciditás	
								y_1	y_2
Szenta, erdő (kocsányos tölgy) sekély humuszos rétegű, nem karbonátos humuszos homok (E 6414)									
A	0- 15	25	4,8	h	1,16	5,21	0	16,11	4,25
A/C	15- 50	25	4,75	h	0,52	5,91	0	5,58	1,16
C_1	50-120	25	3,26	h	0,29	6,48	0	3,61	
C_2	120-150	25	1,9	h	0,21	6,91	0	3,61	

Marcali-hát – Belső-Somogyhoz tartozó kistáj, de természeti adottságai, a domborzata és a talajképző kőzete attól lényegesen eltérőek. Belső-Somogy síkvidéki jellegével szemben dombvidéki táj; a belső-somogyi iszapos homokkal szemben löszös üledék a felszínen lévő talajképző kőzet. Meghatározó a löszös üledéken kialakult agyagbemosódásos barna erdőtalaj.

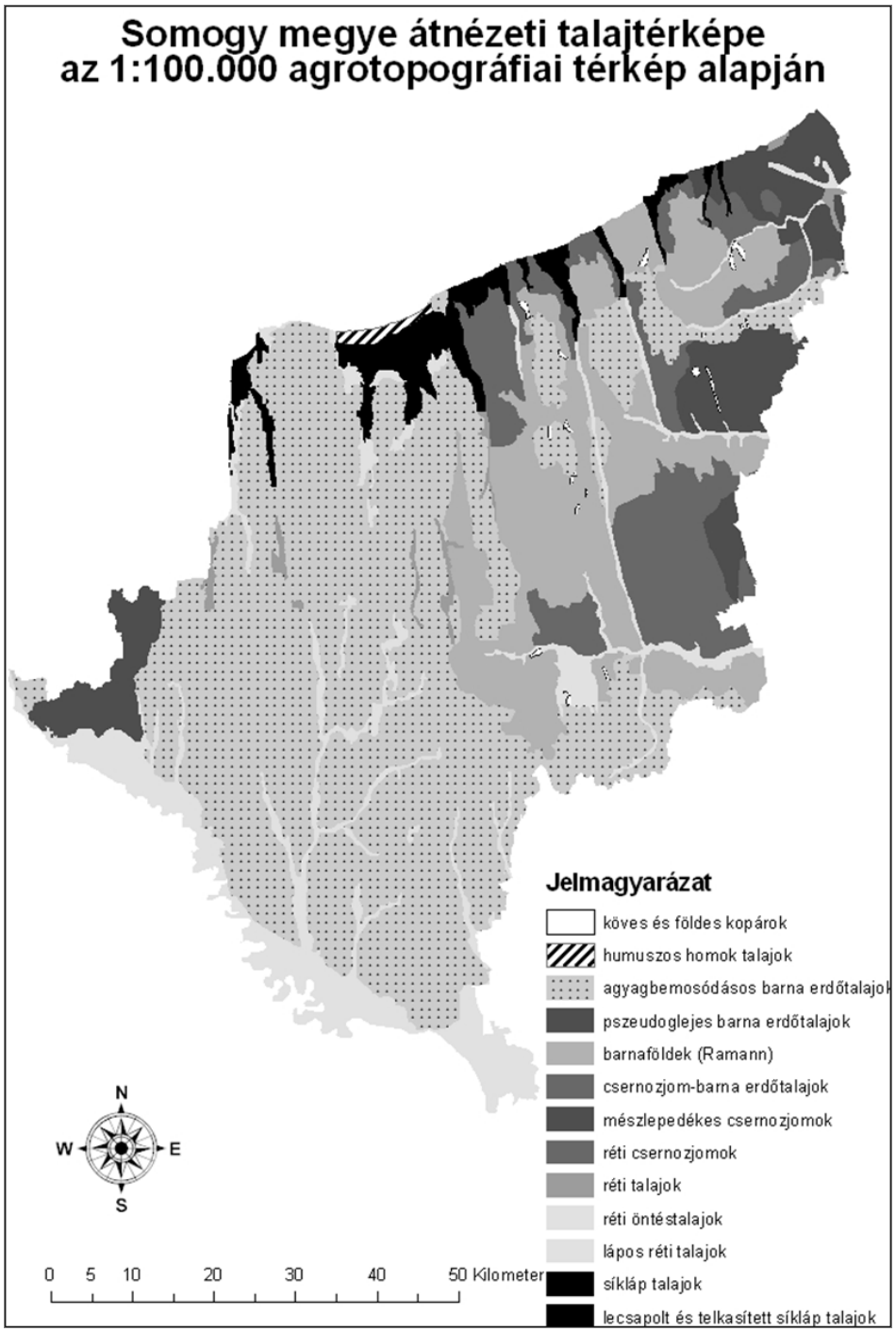
A Marcali-háton az erdő alatti szelvényhez képest a szántó talajszelvényének változását a Marcali határában lévő erdőben és a Balatonújlak határában lévő szántón, mindkét esetben platón lévő sík térszínen feltárt szelvényeknél van lehetőségünk összehasonlítani:

6. táblázat

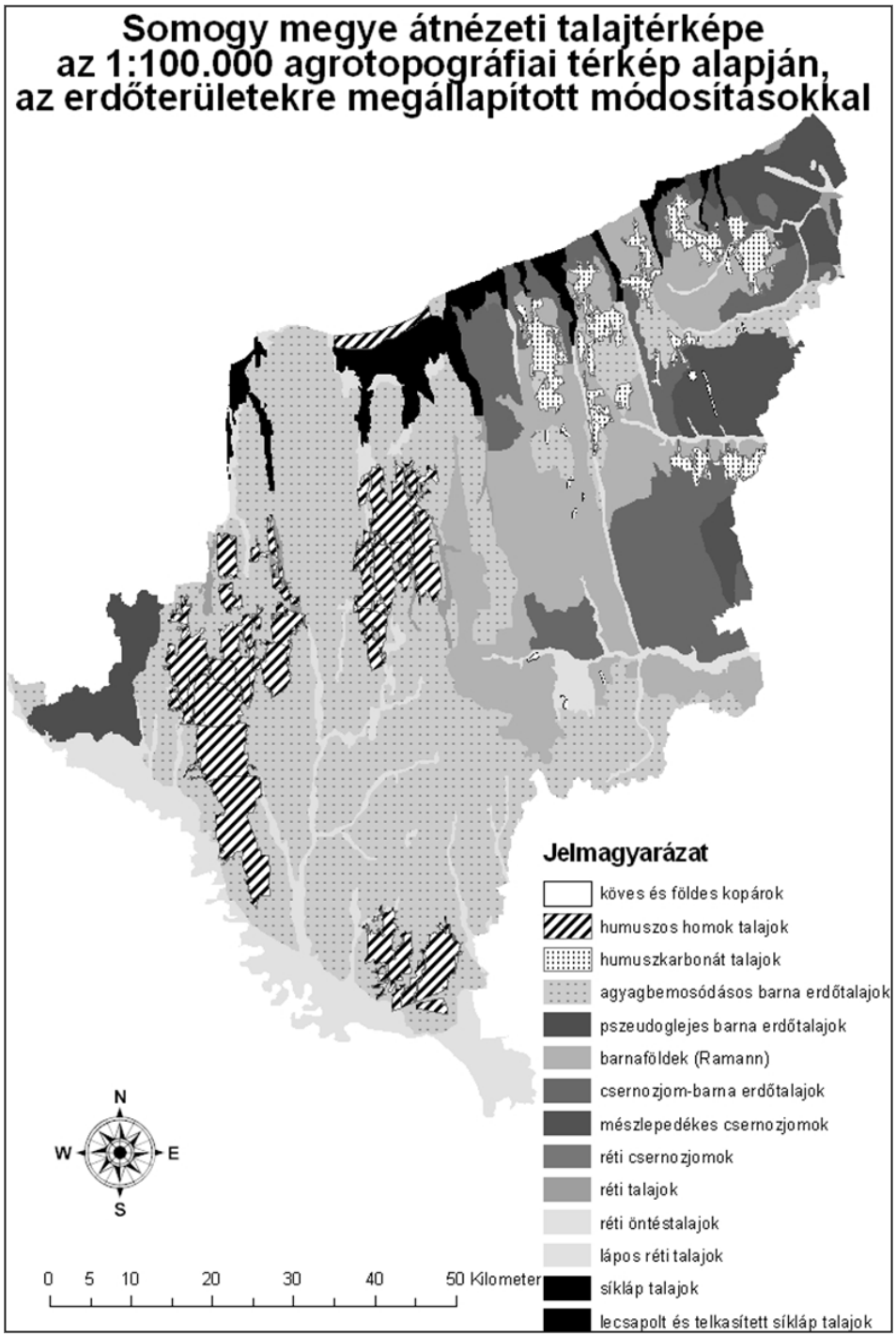
Gen. szint	Mélység cm	K_A	Agyag %	Fizikai féleség	Humusz %	pH (H_2O)	Mész %	Hidrolitos aciditás	
								y_1	y_2
Marcali, erdő (csertölgy), nem podzolos agyagbemosódásos barna erdőtalaj löszös üledéken (E 7214)									
A	0 - 20	34	17,32	i v	1,56	5,21	0	25,5	5,71
B_1	20 - 55	42	31,45	a v	0,64	5,69	0	17,7	4,31
B_2	55 - 90	42	26,92	i v	0,51	6,33	0	8,45	
C	90 -150	37	16,04	i v	0,41	8,41	24		
B/A szint agyagtartalmának hányadosa 1,68									
Balatonújlak, szántó, nem podzolos agyagbemosódásos barna erdőtalaj löszös üledéken (I 1714)									
A_{sz}	0 - 33	37	21,93	v	1,19	6,77	0	7,19	
B_1	33 - 65	42	31,42	a v	0,46	7,45	0,5		
B_2	65 - 80	43	22,32	i v	0,39	7,85	0,8		
C	80 - 150	34	14,81	i v	0,41	8,3	7		
B/A szint agyagtartalmának hányadosa 1,22									

Az erdő alatti szelvényhez képest a szántó szelvénye:

- A szántónál a B-szintből történt hozzászántással a humuszos A_{sz}-szint vastagabb (+ 13 cm) és agyagtartalma (+ 4,6 %) is több lett;
- savanyúsága jelentősen csökkent;
- az A_{sz}-szintig visszameseződött;
- az B/A szintek agyagtartalmának hányadosa kisebb (1,22), a barna erdőtalajok típusbesorolásánál használt határértékkel egyező, de mivel B-szint szerkezeti egységein az agyaghártya egyértelműen felismerhető, a típusbesorolás alapján agyagbemosódásos barna erdőtalaj.


Somogy megye átnézeti talajtérképe
az 1:100.000 agrotopográfiai térkép alapján
Jelmagyarázat
köves és földes kopárok
humuszos homok talajok
agyagbemosódásos barna erdőtalajok
pszeudoglejes barna erdőtalajok
barnaföldek (Ramann)
csernozjom-barna erdőtalajok
mészlepedékes csernozjomok
réti csernozjomok
réti talajok
réti öntéstalajok
lápos réti talajok
síkláp talajok
lecsapolt és telkasított síkláp talajok
N
W
E
S
0 5 10 20 30 40 50 Kilometer

2. ábra.


Somogy megye átnézeti talajtérképe
az 1:100.000 agrotopográfiai térkép alapján,
az erdőterületekre megállapított módosításokkal
Jelmagyarázat
köves és földes kopárok
humuszos homok talajok
humuszkarbonát talajok
agyagbemosódásos barna erdőtalajok
pszeudoglejes barna erdőtalajok
barnaföldek (Ramann)
csernozjom-barna erdőtalajok
mészlepedékes csernozjomok
réti csernozjomok
réti talajok
réti öntéstalajok
lápos réti talajok
síkláp talajok
lecsapolt és telkasított síkláp talajok
N
W
E
S
0 5 10 20 30 40 50 Kilometer

3. ábra.

Irodalom

Lóki, J., 1981. Belső-Somogy futóhomok területeinek kialakulása és formái. Közlemények a Debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem Földrajzi Intézetéből. Debrecen.

Kogutowicz, K., 1930. Dunántúl és Kisalföld írásban és képben. M. Kir. Ferenc József Tudományegyetem Földrajzi Intézete. Szeged.

Marosi, S., 1970. Belső-Somogy kialakulása és felszínalaktana. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Pécsi, M., 1981. A Dunántúli-dombság (Dél-Dunántúl). Akadémiai Kiadó. Budapest.

Stefanovits, P., 1963. Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó. Budapest. Szilárd, J., 1967. Külső-Somogy kialakulása és felszínalaktana. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer Módszertan. 1995. FM Növényvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Főosztály. Budapest.

Kémiai nehézfém-stabilizációs eljárás hatásainak vizsgálata laboratóriumi modellkísérletben

Uzinger Nikolett – Anton Attila – Szili-Kovács Tibor – Halbritter András
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet,
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

Összefoglalás

A gyöngyösvisontai lignitnek, mint kémiai stabilizáló-anyagnak a vizsgálatára a DISITOBI modell alapján laboratóriumi modellkísérletet állítottunk be. A komplex talajinkubációs kísérleti rendszerben lehetőség nyílt széles koncentrációtartományban alkalmazott három nehézfém (Cr, Zn, Pb) megkötődésének vizsgálatára az ugyancsak eltérően dozírozott ligniten. A mobilis nehézfémtartalmak követése mellett foszfolipid-zsírsav-analízissel vizsgáltuk a talajbiológiai hatásokat is. A lignit a nehézfémek felvehető frakcióinak arányát a Cr esetében szignifikánsan csökkentette. A nehézfémek gátló hatása jól megfigyelhető volt a Gram-pozitívokra jellemző elágazó láncú zsírsavak esetén, ahol a lignit toxicitást csökkentő hatása is kitűnt. E nehézfém-stabilizációs szerepén túl - mint hasznosítható szervesanyag - önmagában is befolyásolta a mikrobaközösségeket.

Bevezetés

Nehézfémekkel szennyezett talajok esetén a tápláléklánc terhelésének csökkentésére sokszor az egyetlen megvalósítható út a nehézfémek nehezen felvehető, helyhez kötött formában való *stabilizációja*, a talajoldatba kerülésük csökkentése (*immobilizáció*). Az egyes kémiai *stabilizálószerek* különbözhetnek egymástól hatásmechanizmusukban, hatékonyságukban és a talaj egyéb tulajdonságaira, köztük a talajéletre gyakorolt hatásukban is.

A lignit a biomassza bomlása során, reduktív körülmények között kialakuló, 65-70% szenet tartalmazó vegyület. Már évtizedekkel ezelőtt történtek agrokémiai vizsgálatok a bányászott lignit tisztításakor kapott alacsony kalóriatartalmú frakció talajjavításra való felhasználását célozva (Szabó, 1983). A lignit szén- és humusztartalmából eredően elsősorban adszorpcióval vagy komplexképződéssel történő immobilizálásra képes. A gyöngyösvisontai lignitnek, mint kémiai stabilizálószernek nehézfém-megkötő képességéről viszonylag kevés adat áll rendelkezésre (Atkári, 2006; Máthé-Gáspár és Anton, 2005; Vörös, 1993). Ezért arra kerestünk választ, hogy lignit és nehézfémek együttes hatásai esetén hogyan alakulnak a talaj mobilis nehézfém-frakciói, valamint a mikrobióta állapotát tükröző paraméterei. Ehhez – multifaktoriális ortogonális kísérleti terv alapján – laboratóriumi modellkísérletet állítottunk be. A komplex talaj-inkubációs kísérleti rendszerben lehetőség nyílt az MTA TAKI

szabadföldi kísérleti területein jellemzően előforduló, széles koncentráció-tartományban alkalmazott három nehézfém (Cr, Zn, Pb) megkötődésének vizsgálatára az ugyancsak változóan adagolt ligniten.

Anyag és módszer

A talaj-inkubációs kísérlethez humuszban szegény, duzzadó agyagásványokat kis mennyiségben tartalmazó, kis adszorpciós kapacitással rendelkező és így a szennyeződésekkel szemben gyenge tompító képességű talajt: nyírlugosi savanyú homokot választottunk. Kezelésenként 3 párhuzamos ismétlésben az edényenkénti 500 g talajt a nehézfém-kezelés előtt 1 héttel 1 % cellulózpor hozzáadásával és a nedvesség-tartalom beállításával (szántóföldi vízkapacitás 60 %-a) készítettük elő. A fémeket $Pb(NO_3)_2$, $ZnSO_4 \cdot 7\ H_2O$, $Cr(NO_3)_3 \cdot 9\ H_2O$ formában alkalmaztuk. A kísérlet tervezése és eredményeinek értékelése a *DISITOBI* modell alapján a SITOBI szoftverrel történt (Anton et al., 1994; Szili-Kovács et al., 1993).

A DISITOBI modell nevét fejlesztői után (**Di** Gléria, **Si**mán, **To**llner, **Bi**czók) kapta. E modellrendszer alapja az a megfigyelés, hogy több hatás esetén a legtöbb modellezett agrokémiai és talajbiológiai jelenség lineáris-, párkölcsön-, kvadratikus hatások által meghatározottnak bizonyult. A modell szerint a vizsgált függő változó (mért agrokémiai, talajbiológiai jellemző) viselkedése a kísérletben beállított faktoroktól függ, esetünkben a következő egyenlet szerint:

$$y = B_0 + B_1 x L + B_2 x Pb + B_3 x Zn + B_4 x Cr + B_5 x L x Pb + B_6 x L x Zn + B_7 x Zn x Pb +$$
$$+ B_8 x Cr x L + B_9 x Cr x Pb + B_{10} x Cr x Zn + B_{11} x L^2 + B_{12} x Pb^2 + B_{13} x Zn^2 + B_{14} x Cr^2,$$

ahol: y a függő változó, B_0, B_1, … B_{14} a független változók és kombinációik együtthatói, L a lignit tömegszázalékban kifejezett mennyisége, Pb, Zn, Cr a megfelelő elemek ppm egységben kifejezett bemérési koncentrációi.

Előzetes vizsgálatok eredményei alapján a következő 5-5 szinten történt kezelés: 0; 2,5; 5; 7,5; 10 % lignit; 0; 375; 750; 1250; 1500 ppm Cr, Pb illetve Zn. A kapott ortogonális kísérleti terv alapján a modell az összes kombináció ($5^4 = 625$) helyett 36 kezelés alapján tesztelhető.

Az inkubációs hőmérséklet 25 ºC volt, a mintavételekre 7, 14, 21 és 56 nap elteltével került sor. A kezelt modell-talaj mobilis nehézfémtartalmait három kivonási eljárással, elemanalízissel (JY Ultima 2 plazmaemissziós spektrométerrel, MSZ 21978-9:1985 szerint) vizsgáltuk. A kivonási eljárások a következők voltak:

1. a vizes kivonat a talaj saját pH-ján a vízzel kioldható fémtartalmat adja meg (MSZ 21978-9:1998);

2. az acetátos kivonat (4,5 pH-jú ecetsavoldat, MSZ 21978-9:1998) az ionos formában kioldható, mobilis nehézfém-tartalmat jellemzi;
3. a Lakanen-Erviö kivonat az alacsony pH-n komplexképző szer mellett kioldható nehézfém-tartalmat adja meg, mely a növények által felvehető nehézfém-tartalmat modellezi (ecetsav + EDTA, MSZ 20135:1999, Lakanen és Erviö, 1971).

A nehézfémek és a lignites kémiai stabilizáció biológiai hatását olyan, a talaj-mikrobióta biomasszáját, szerkezetét és aktivitásait jellemző indikátorok segítségével vizsgáltuk, mint a kloroform-fumigáció-extrakció (Vance et al., 1987), a szacharáz-aktivitás (Frankenberger és Johanson, 1983), és a foszfolipid-zsírsav- (PLFA-) mintázat (White et al., 1979).

Eredmények

Az alábbiakban – terjedelmi okokból – a 21 napos inkubáció után vett mintákkal foglalkozunk, azon belül is csak a mobilis nehézfém-tartalmak és a foszfolipid-zsírsav-indikáció eredményeivel. Ezek körében a DISITOBI modell több esetben is érvényesnek bizonyult (Fisher-féle regressziós teszt, determinációs koefficiens: $R^2 > 70\%$). Az eredményeknél táblázatokban közöljük a modell-egyenlet együtthatóit is.

A zsírsavak elnevezésénél az általános gyakorlatot követtük (Zelles, 1999). Számmal adjuk meg a teljes szénatomszámot a láncvégi karboxilcsoportot és az oldalláncokat is beleértve. A teljes szénatomszám után kettősponttal elválasztva a kettős kötések számát következik. Ezután a kettős kötések helyzetét számmal adjuk meg a karboxilcsoporttól számolva. A kettős kötés helyzete előtt annak cisz/transz helyzetét (ha ismerjük) *c* illetve *tr* jel mutatja. Az utolsó előtti szénatomon metilcsoportot tartalmazó zsírsavakat *iso*, a kettővel előtti szénatomon metilcsoportot tartalmazókat *anteiso*, a ciklopropil-csoportot tartalmazókat *ciklopropil* névvel, illetve a kettős kötések száma utáni „i", „a", illetve a pozíció számát követő „cy" rövidítésekkel jelöljük. Az eddigiektől eltérő pozícióban elágazódó metilcsoport „Me" jelölést kap.

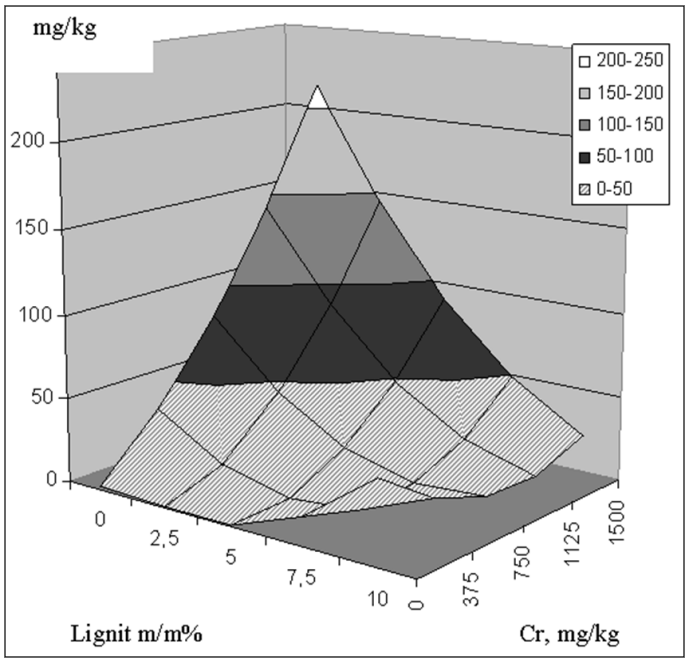
Talaj-inkubációs kísérleteinkben a lignit mindhárom fém megkötődésére hatással volt: a lignit kivonást csökkentő hatása a Cr esetében mindhárom kivonatban lineáris és Cr-lignit párkölcsönhatásban is szignifikáns volt (3. táblázat, 1-2. ábra). A Cr hatott a Pb és a Zn kivonhatóságára is. A lignit – bár az egyenlet lineáris tagjában szignifikánsan növeli a Pb (acetátos, Lakanen-Erviö) és a Zn (vizes, acetátos és Lakanen-Erviö) kivonatos koncentrációját, de a nem szignifikáns párkölcsönhatásos és négyzetes tagok az összefüggést nem lineáris csökkentésre fordítják, mint a 3-4. ábra példái is mutatják.

A talaj-mikrobióta esetében a kezelésekkel elsősorban az elágazó láncú zsírsavak mutattak a modell szerinti összefüggést: különösen erős volt a Cr toxikus hatása (4. táblázat, 5. ábra). E zsírsavak a Gram-pozitívokra, ezen belül

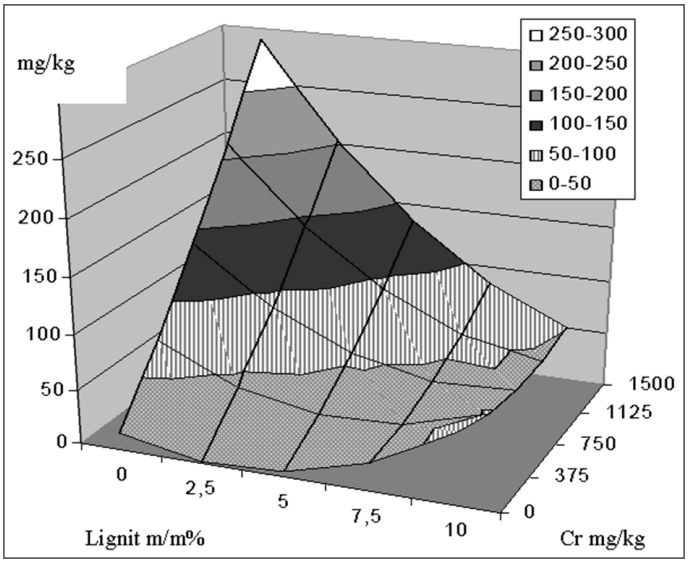
a nehézfém-érzékenyként ismert Actinobacteria (sugárgombák) csoportra jellemzőek. E mikróbák jellemzően a nehezen hozzáférhető, összetett bontó enzimkészletet igénylő makromolekulákat hasznosítva jutnak szén-és energiaforráshoz. Ennek megfelelően a lignit négyzetes összefüggésben növelte mennyiségüket (4. táblázat). Jellegzetes, hogy a Cr értékei mentén a hatásgörbe minimumát 1125 ppm esetén eléri, majd 1500 ppm-ig ismét növekedést mutat. Ez csak részben magyarázható azzal, hogy 1125 és 1500 ppm között az összes PLFA mennyisége erősebben csökken, mint az elágazóké. Egyes elágazó zsírsavak, mint a *17:0 anteiso* abszolút mennyisége is növekszik e Cr-tartományban (4. táblázat, 6. ábra). Ennek oka más mikrobacsoportok gátlása miatti csökkenő versengés vagy antibiózis lehet. Az elágazó láncúaknál, valamint a 16:1 c9 zsírsav esetében (4. táblázat, 8. ábra) jól látszik a lignitnek a Cr toxicitását csökkentő hatása: utóbbi esetben amellett, hogy a lignit önmagában (0 ppm Cr-nál) gátló hatásúnak mutatkozott. Egyes páratlan szénatomszámú, normál láncú zsírsavak az elágazóakkal fordított hatásgörbe-mintázatot mutattak (pl. 17:0, 3. táblázat, 7. ábra): ezeket feltehetően az elágazó láncú zsírsavakkal képviselt Gram-pozitívok által visszaszorított mikroorganizmusok termelik. A lignit össz-hatásában több esetben jelentős volt a lignit-króm párkölcsönhatás, illetve a lignit négyzetes hatása is. Megfigyelhetők voltak fém–fém kombinált hatások is (4. táblázat).

Következtetések

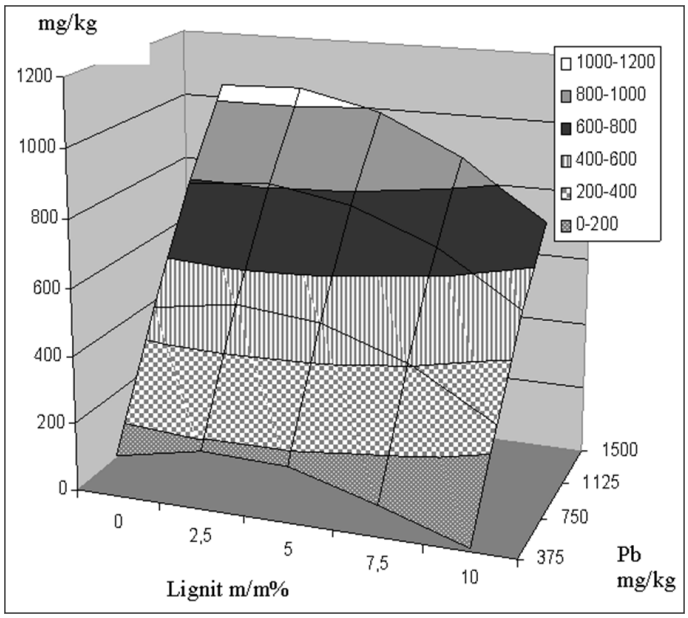
A nehézfém-szennyezések és a lignites kémiai stabilizáció talajkémiai és talajbiológiai hatásai több esetben a DISITOBI-modellel leírhatónak bizonyultak. A Cr esetében a lignit stabilizáló hatása mind a mobilis nehézfém-tartalmak, mind több talajbiológiai indikátor esetén egyértelműen kimutatható volt, a Zn és a Pb esetében további vizsgálatok szükségesek. A PLFA-analízis informatívnak és kellően pontosnak bizonyult talajbiológiai hatások DISITOBI-modellel történő vizsgálatára. Kísérleteink más talajokon történő elvégzése után szükségesnek találjuk a modell és a lignit-hatás kisparcellás szabadföldi kísérletekben történő vizsgálatát.



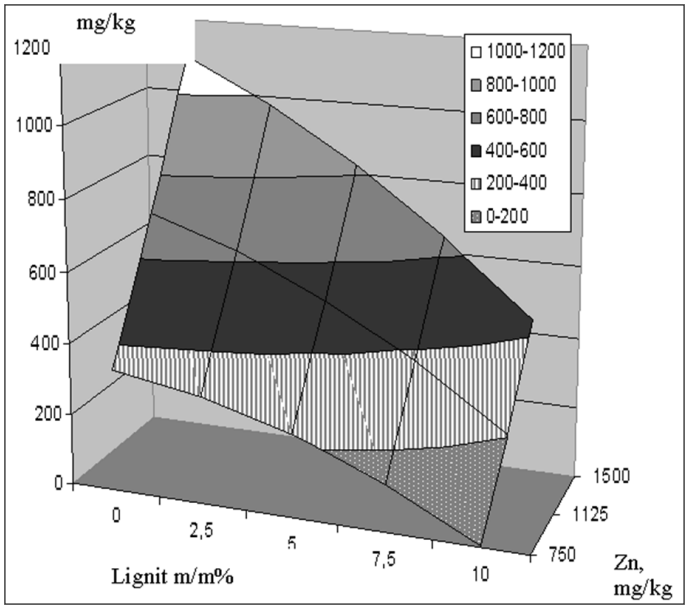
1. ábra. Cr (mg/kg) acetátos kivonatban, a bemért Cr és lignit függvényében, centrális (750 mg/kg) Zn és Pb mellett



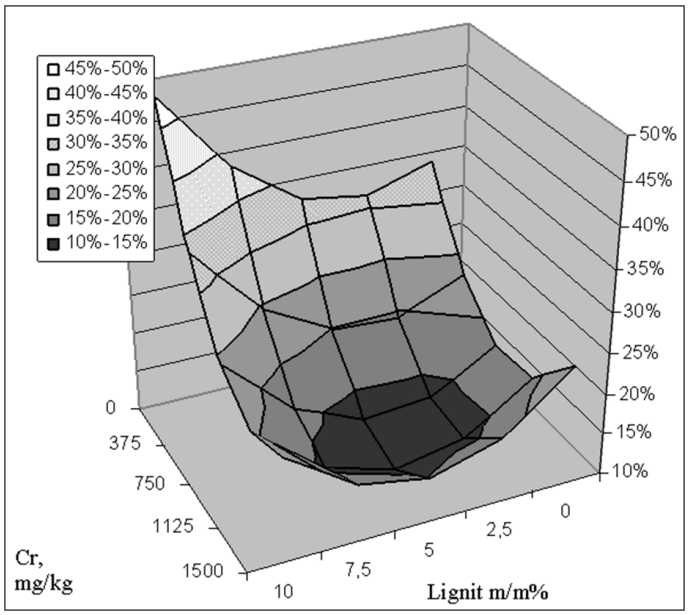
2. ábra. Cr (mg/kg) Lakanen-Erviö-kivonatban, a bemértCr és lignit függvényében, centrális (750 mg/kg) Zn és Pb mellett



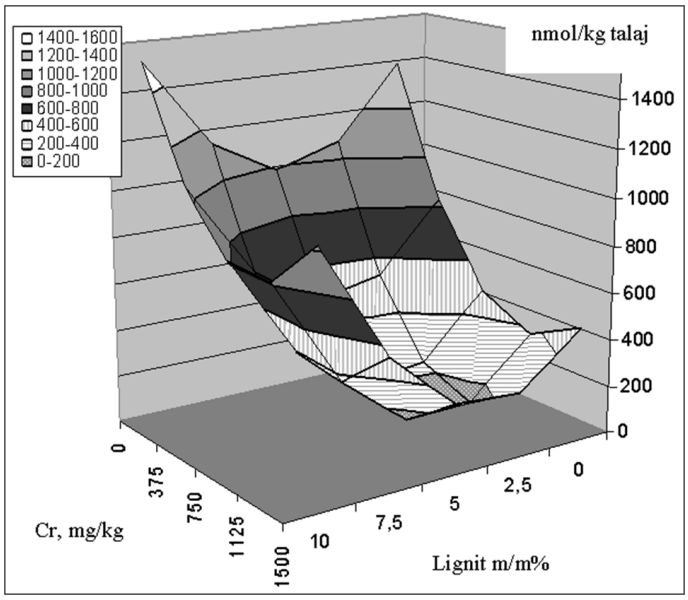
3. ábra. Pb (mg/kg) Lakanen-Erviö-kivonatban,
a bemért Pb és lignit függvényében, 0 mg/kg Cr és Zn mellett



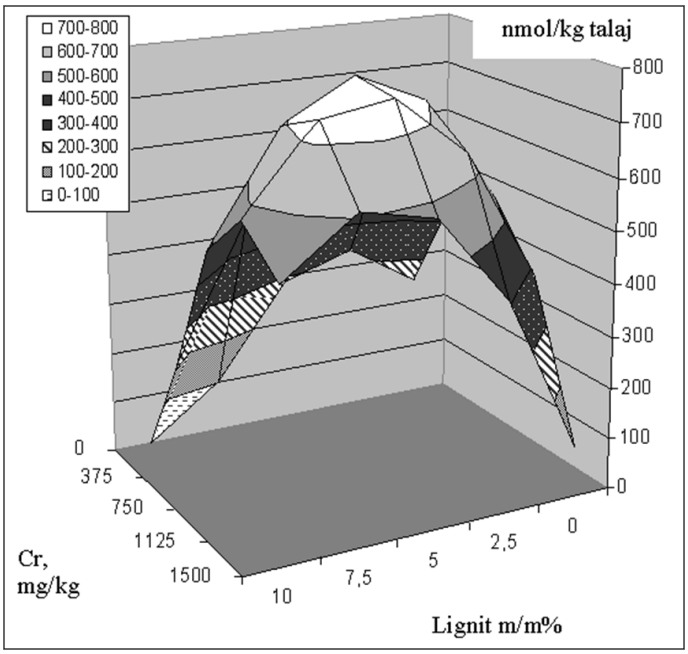
4. ábra. Zn (mg/kg) Lakanen-Erviö-kivonatban,
a bemért Zn és lignit függvényében, 0 mg/kg Cr és Pb mellett



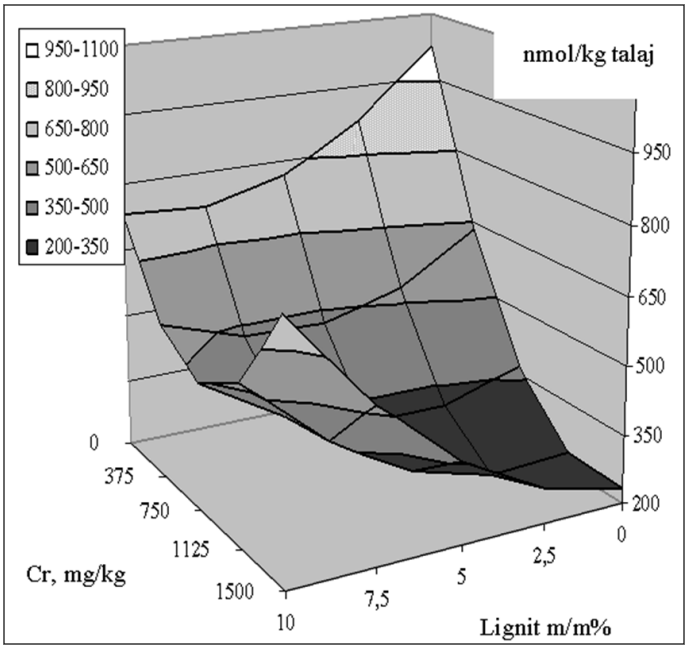
5. ábra. Az elágazó zsírsavak aránya a bemért Cr és lignit függvényében, centrális (750 mg/kg) Zn és Pb mellett



6. ábra. A *17:0 anteiso* zsírsav mennyisége (nmol / kg talaj) a bemért Cr és lignit függvényében, centrális (750 mg/kg) Zn és Pb mellett



7. ábra. A *17:0* zsírsav mennyisége (nmol / kg talaj) a bemért Cr és lignit függvényében, centrális (750 mg/kg) Zn és Pb mellett



8. ábra. A *16:1 c9* zsírsav mennyisége (nmol / kg talaj) a bemért Cr és lignit függvényében, centrális (750 mg/kg) Zn és Pb mellett

Köszönetnyilvánítás

Az elemanalízisek elvégzéséért Koncz Józsefnek, a kísérlet beállításáért és a minta-előkészítésekért Losonczi Lászlónénak és Wohlmuth Richárdnénak tartozunk köszönettel. Munkánkhoz anyagi támogatást biztosítottak: az OTKA (Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok) *T-038280,* a Gazdasági Versenyképesség Operatív Program *GVOP-3.1.1.-2004-05-0261/3.0, GVOP-3.1.1.-2004-05-0257/3.0* és *GVOP-3.2.1.-2004-04-0203/3.0,* valamint a Nemzeti Kutatás-Fejlesztési Prog-ram *NKFP 3/020/2005* számú pályázatai.

Felhasznált irodalom

Anton A, Máthé P, Radimszky L, Füleky Gy, Biczók Gy (1994): Effects of environmental factors and Mn, Zn, Cu trace elements on the soil phosphomonoesterase and amidase activity. Application of DISITOBI model. Acta Biologica Hungarica 45 (1): 39-50.

Atkári Á (2006) Toxikus fémekkel szennyezett Gyöngyösoroszi talajok stabilizációja. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mezőgazdasági és Kémiai Technológia Tanszékén benyújtott szakdolgozat.

Frankenberger W T Jr és Johanson, J B (1983) Method of measuring invertase activity in soils. Plant and Soil 74: 301-311.

Lakanen, E és Erviö, R (1971) A comparision of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223-232.

Máthé-Gáspár G és Anton, A (2005) Phytoremediation study: Factors influencing heavy metal uptake of plants. Acta Biologica Szegediensis 49: 69-70.

Szabó I (1983) The preparation and the agricultural utilization of the lignite from the Visonta-mine. In: Szegi J (ed) Recultivation of technogenous areas. Mátraalja Coal Mining Company, Gyöngyös.

Szili-Kovács T, Radimszky L, Andó J és Biczók Gy (1993): CO_2 evolution from soils formed on various parent materials in the eastern Cserhát mountains (Hungary) during laboratory incubation. Agrokémia és Talajtan 42: 140-146.

Vance, E D, Brookes P C és Jenkinson, D S (1987) An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biol. Biochem. 19. 703–707.

Vörös I (1993) A talajképződés egyes talajbiológiai folyamatai hányóföldeknél rekultivációs modellkísérletekben. MTA kandidátusi értekezés.

White, D C et al. (1979): Determination of the sedimentary microbial biomass by extractible lipid phosphate. Oecologia 40:51-62.

Zelles L (1999) Fatty acid patterns of phospholipids and lipopolysaccharides in the characterisation of microbial communities in soil: a review. Biol. Fertil. Soils 29: 111-129.

1. táblázat: A kapott nehézfém-koncentrációk konfidenciahatárokkal (95%-os statisztikai biztonságnál)

2. táblázat. A kapott zsírsav-koncentrációk konfidenciahatárokkal (95%-os statisztikai biztonságnál)

3. táblázat. A DISITOBI-modell együtthatóira kapott értékek a különböző kivonatokban mért (ppm-ben kifejezett) fém-koncentrációk esetén

4. táblázat. A DISITOBI-modell együtthatóira kapott értékek a foszfolipid-zsírsavak és típusok (nmol / kg talaj formában kifejezett) koncentrációi, illetve az összes foszfolipid-zsírsav arányában

Jelölések: R^2 a Fisher-féle regressziós teszt determinációs koefficiense; *** jelöli az adott együttható értékének p > 99%; ** a 99% ≥ p > 95%; * a 95% ≥ p > 90%-os megbízhatóságát

	fém	Cr			Pb				Zn			
	kivonat	vizes	acetátos	Lakanen-Erviö	vizes	acetátos	Lakanen-Erviö		vizes	acetátos	Lakanen-Erviö	
Együtthatók	R2	98,2	98,9	95,7	87,0	98,4	98,4		97,7	97,9	98,1	
	Bo	-6,8135**	-15,9733***	-13,4628***	-67,0225***	-238,4717***	-293,8911***		-568,9011***	-274,7408***	-296,6778***	
	L	-2,8403***	-5,8083***	-10,0113***	-10,3993***	2,7249***	39,047		45,8594**	14,5981**	22,3322*	
	Pb	0,0108	0,0212	0,0371	0,1135**	0,7077***	1,179***		0,5578	0,3484	0,3219	
	Zn	0,0111	0,0242	0,0379	0,0326*	0,2206	0,3351		0,6085***	0,6607***	0,7733***	
	Cr	0,0229***	0,0708***	0,148***	0,1685***	0,2651**	0,1339		0,7823***	0,4793*	0,4238	
	LxPb	-0,0004	-0,0008	0	-0,0122	-0,0331	-0,0165		-0,0057	0,0055	0,011	
	LxZn	-0,0001	0,0002	0,001	0,0186**	0,0095	-0,0051		-0,0584	-0,0475	-0,0434	
	ZnxPb	0	0	0	-0,0001	-0,0001	0,0001		0	0,0001	0	
	CrxL	-0,0084***	-0,0159***	-0,0193***	-0,0239***	-0,0126	0,0102		-0,0081	-0,003	-0,0068	
	CrxPb	0	0	0	0,0001*	0,0002	0		-0,0001	-0,0001	-0,0001	
	CrxZn	0	0	0	-0,0001**	0	-0,0001		0,0005	0,0002	0,0002	
	L2	0,597**	1,0941*	1,42*	1,307	-0,5976	-4,8636		-25,6064	-2,3396	-2,331	
	Pb2	0	0	0	0	-0,0002	-0,0002		-40,3652	-0,0002	-0,0002	
	Zn2	0	0	0	0	-0,0001	-0,0002		12,7119	0,0001	0,0001	
	Cr2	0**	0	0	0	-0,0001	-0,0001		-53,5823	-0,0002	-0,0002	

		normál telített	elágazó láncú	ciklopropil	egyszeresen telítetlen	többszörösen telítetlen	összes	c9 16:1	17:0	17:0 a	normál telített %	elágazó láncú %	ciklopropil%	egyszeresen telítetlen %	többszörösen telítetlen %
	R^2	58,2	43,3	75,8	64,0	46,2	59,0	74,8	74,2	77,6	76,8	66,1	87,7	70,3	62,1
Faktorok	B_o	37,0072***	5,2424***	13,6144***	27,3592***	18,6148***	143,605***	4,8675***	-3,0056***	6,3937***	0,2428***	0,1574***	0,3348***	0,109***	0,1504**
	L	-4,686	-2,3012	-1,3487	-3,7704	0,1395	-14,529	-0,3445	0,2633	-0,9605**	0,0269	-0,0135	-0,0204**	-0,0082	0,0162
	Pb	0,0543*	0,0357	-0,0019	0,0176	0,0127	0,0926	0,0017	0,0061*	0,0008	0	0,0001	0	0	0
	Zn	0,0491	0,0375	-0,0009	0,0118	-0,0322	0,0407	0,0006**	0,0058	0,001	0,0002	0,0001	0,0001	0	-0,0004
	Cr	-0,0181**	-0,0079**	-0,0137***	-0,0306***	-0,0056*	-0,1384***	-0,0074***	0,0033***	-0,0091***	0,0004***	-0,0001***	-0,0004***	-0,0001***	0,0001
	LxPb	0,001	-0,0013	0,0003	-0,0002	-0,0001	0,0022	0	0	0,0001	0	0	0	0	0
	LxZn	0	-0,0009	0,0003*	0,0016*	0,0009	0,003	0	0,0001	0,0001	0	0**	0	0**	0
	ZnxPb	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0
	CrxL	0,0044**	0,0003	0,0005**	0,0025***	0,0007	0,0085**	0,0003**	0,0003***	0,0001	0	0**	0	0	0
	CrxPb	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0**	0
	CrxZn	0***	0	0*	0	0	0**	0	0	0	0	0**	0	0	0
	L^2	0,0648	0,3402	0,0482*	0,0941	-0,0982	0,5486	0,0226	-0,0545***	0,0931***	-0,0019	-0,0002	0,0033***	0,0003*	-0,0017
	Pb^2	0***	0	0	0**	0	-0,0001***	0	0***	0	0	0	0	0***	0
	Zn^2	0***	0*	0	0*	0***	0**	0	0***	0	0**	0	0	0	0***
	Cr^2	0	0	0***	0	0	0	0***	0***	0***	0	0	0***	0***	0

Fitoremediációs kísérletek eltérő szennyezettségű területeken

Barta Károly[1] *– Farsang Andrea*[1] *– Mezősi Gábor*[1] *– Erdei László*[2] *– Cser Viktória*[1]
[1]SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
[2]SZTE Növényélettani Tanszék, Szeged

Összefoglalás

Hároméves kutatási projektünk célja nehézfémekkel különböző mértékben szennyezett területek környezeti kockázatának csökkentése fitoremediáció segítségével. Két mintaterületünk egyike Mártélyon található, a Mártélyi-holtág kotrási iszapján, mely csupán néhány nehézfémből (Cr, Ni, Pb, Zn) tartalmaz határértéket kis mértékben meghaladó szennyeződést. Célunk itt megfelelő növényekkel és társult mikrobákkal a toxikus nehézfémek kivonása a talajból (fitoextrakció). Másik kísérleti területünket az almásfüzitői vörösiszap-tározón alakítottuk ki, itt a vizsgálatok tárgyát a tározó befedésére szolgáló antropogén eredetű talajszerű anyag adja, amely a legkülönbözőbb ipari hulladékok keverékéből áll, nehézfémtartalma a legtöbb elem esetében (pl. Cd, Cr, Ni, stb.) a határértéket többszörösen meghaladja. E területen az igen magas nehézfémtartalom csökkentése mellett célunk a fitostabilizáció megvalósítása, azaz a növényzet segítségével megakadályozni mind a kiporzást, mind pedig a talajvízbe jutást, amelyet az alatta elhelyezkedő vörösiszap magas pH-értékei is segítenek.

Jelen cikk azokról a talajtani kutatásokról számol be, amelyek a fitoremediáció lehetőségét megengedő, annak sikerességét, vagy éppen sikertelenségét befolyásoló talajtulajdonságok és talajparaméterek meghatározását célozza.

Bevezetés, célkitűzések

Napjainkban környezetünk, így az emberiség élelmiszer-ellátását biztosító, erdeink termőhelyét adó, illetve számos egyéb módon hasznosított talajaink is egyre nagyobb igénybevételnek, ennek során pedig komoly szennyeződéseknek vannak kitéve. A szennyezőanyagok közül érdemes kiemelni a toxikus nehézfémeket, amelyek már kis koncentrációban is igen jelentős károsodást, betegségeket okozhatnak az élő szervezetekbe jutva. A nehézfémmel szennyezett talajok tisztítására egyre szélesebb körben terjednek a különböző fitoremediációs módszerek. Ezek olyan eljárások, melyek során a növényekkel – és a társult mikrobákkal – csökkentik a talaj nehézfém-koncentrációját, illetve azok transzportját egy elfogadható kockázati szintre hozzák. Jó példa erre a fitostabilizáció, amikor a szennyezőanyagok környezetbe (légkörbe, talajvízbe, felszíni vízbe) kerülését a transzport fizikai és kémiai korlátozásával akadályozzák meg, vagy a fitoextrakció, mely során a talajbeli koncentráció csökkentését a növényi felvétel segítségével és a biomassza eltávolításával oldják meg (Simon 2004).

Öttagú konzorciumunk (SZTE Növényélettani Tanszék, SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, SZBK Növénybiológiai Intézet, Bay Zoltán Alapítvány, Hologén Kft. (Szeged), Aquadukt Kft. (Szekszárd) célja:

1. Kísérleti mintaterületeken olyan alkalmazásra kész technológia kidolgozása, amely a talaj- és nehézfémspecikus növényfajok – mikrobiális fajok speciális kombinációinak segítségével a nehézfém-szennyezettséget stabilizálja, illetve a kívánt határérték alá csökkenti (Vashegyi et al. 2005).
2. A keletkező biomassza többfokozatú, vándorrostélyos égetőkazánban való megsemmisítése, illetve lehetőség szerint a fémek kivonása és újrahasznosítása („fitobányászat").

A kutatás sokrétű talajtani vonatkozásából első lépésben azt tartjuk a legfontosabb célunknak, hogy definiálni tudjuk azokat a talajjellemzőket, talajtani paramétereket, amelyek a fitoremediáció gátjául – vagy éppen katalizátorául – szolgálhatnak.

Anyag és módszer

Mintaterületek és kialakításuk

Almásfüzitő

Az almásfüzitői vörösiszap tároló fedőrétegén található kísérleti parcellákat antropogén eredetű talajszerű anyagon alakítottuk ki, amely a legkülönbözőbb ipari, vegyipari, olajipari hulladékok keverékéből áll, nehézfémtartalma a legtöbb elem esetében (pl. Cd, Cr, Ni, stb.) a határértéket többszörösen meghaladja. A nehézfém szennyezettség mellett igen magas az összes szénhidrogén és a PAH-tartalma is (1. táblázat).

1. táblázat. Nehézfém-, összes szénhidrogén- és PAH-tartalom az almásfüzitői földszerű anyagban

Vizsgált szennyeződés	**Koncentráció (királyvizes felt. ppm)**	**Határérték – B* (királyvizes felt. ppm)**
Cr	3131	75
Cu	2300	75
Ni	1565	40
Cd	103	1
Pb	420	100
Zn	2900	200
	Koncentráció (IR+GC-FID, ppm)	**Határérték – B* (ppm)**
TPH	424-2740	100
PAH	3,5-6,4	1

*10/2000. KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet alapján

A környezetéből 3 m-re kiemelt prizmán 6 db 4x2,5 m-es kísérleti parcella került kialakításra (1. ábra), amelyeket 2006. tavaszán vetettünk be hat különböző kísérleti növénnyel. Ezek a Brassica carinata, Brassica oleacea, Brassica juncea, Kochia scoparia, Rumex és napraforgó. A telepítéssel egyidőben olyan monitoringrendszert építettünk ki a parcellák alatt, amely óránként automatikusan méri a talajnedvességet 10 és 30 cm-es mélységben, illetve 20 cm-es mélységben pedig a talajhőmérsékletet. A nehézfémek mozgásának nyomon követését az átszivárgó vizek gyűjtésére alkalmas drénezés is segíti.

1. ábra. Az almásfüzitői kísérleti parcellák

Mártély

A Dél-Tisza-völgyben található Mártélyi-holtág kotrási iszapját 6 db 2 m mély zagykazettában helyezték el 2003-2004 folyamán. Az iszap csupán néhány nehézfémből (Cr, Ni, Pb, Zn) tartalmaz határértéket kis mértékben meghaladó szennyeződést. 5 kazettába füzet (Salix alba) telepítettünk, mely szakirodalmi adatok alapján számítva évente hektáronként 7,5 kg Zn felvételére alkalmas. A hatodik parcella anyagából újabb hat kísérleti parcellát alakítottunk ki, mely során a területet felépítő homokos üledékek kaptak 30 cm-es iszapborítást. A hat kisparcella (10x30 m) mindegyikén a fűz spontán megtelepedett (2.a ábra), de mellettük különböző növényfajokkal is tervezünk kísérleteket. Minden parcellán kialakítottunk egy 4 m^2-es aláfóliázott térrészt, amelyen az átszivárgó vizeket egy perforált, alulról zárt PVC-cső gyűjti össze. Ezzel lehetőségünk

nyílik mind az átszivárgás mennyiségi meghatározására, mind pedig az összegyűjtött víz nehézfém-tartalmának a mérésére (2.b ábra).

2. ábra. Spontán füzes a mártélyi parcellákon (a) és az átszivárgó vizek gyűjtése (b)

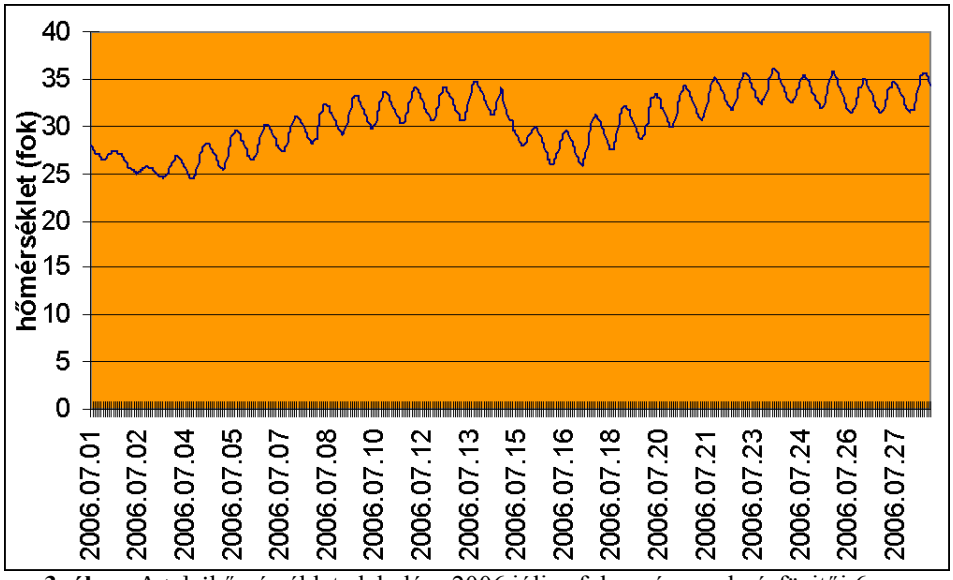
Laboratóriumi vizsgálatok

Alapvető célunk a mintaterületek talajaiban található nehézfémkoncentráció változásának nyomonkövetése, ezért monitoring jelleggel vizsgáljuk a parcellák talajainak és a rajtuk átszivárgó vizek nehézfém-koncentrációját. Emelett a mártélyi mintaterületen 2006 folyamán már olyan mennyiségű biomassza (fűz) keletkezett, amely alkalmas az égetéses eljárás tesztelésére, illetve a növényekben felhalmozódott elemtartalom mérésére. A kutatás kezdetén a kiindulási talajállapot felmérését parcellánként a felső 10 cm-ből vett talajminták segítségével végeztük el. Ekkor a vizsgált mikroelemek (Cr, Co, Ni, Cd, Cu, Zn, Pb) koncentrációjának meghatározása királyvizes feltárással és Perkin Elmer 3010-es AAS készülékkel történt, illetve a növények által felvehető elemtartalmat Lakanen Erviö feltárással és ICP Thermo Jarell Ash ICAP 61E készülékkel határoztuk meg (Buzás, 1988). 2006 nyarától a talajok nehézfém-tartalmának meghatározását szekvenciális kioldással (Bódog et al. 1997) végezzük, mely segítségével sokkal árnyaltabb képet kapunk a különböző mobilitású elemkoncentrációkról.

A talajtani kutatások másik iránya azon talajtani paraméterek, tulajdonságok részletes feltérképezése, amelyek alapvetően befolyásolhatják a fitoremediáció sikerét. Ennek szellemében a parcellák talajain az alábbi vizsgálatokat végeztük el: pH (H_2O, KCl), K_A (Arany-féle kötöttségi index), $CaCO_3$, humusztartalom, térfogattömeg, sűrűség, maximális vízkapacitás és szántóföldi vízkapacitás meghatározása (Buzás, 1993).

Eredmények

A kísérleti parcellákon vizsgált hőmérsékleti viszonyok, a talaj-víz-növény kapcsolatrendszer szempontjából fontos talajtani paraméterek szélsőséges élőhelyet, talajviszonyokat tükröznek (3. ábra, 2. táblázat).



3. ábra. A talajhőmérséklet alakulása 2006 július folyamán az almásfüzitői 6. sz. parcellán 20 cm-es mélységben

Almásfüzitőn a napközben gyakran 34-35 ^oC-ra emelkedő talajhőmérséklet olyan stresszhelyzetet jelentett a növények számára, hogy igen jelentős részük ebben az időszakban ki is pusztult. A magas hőmérséklet létrejöttében a sötét színnek köszönhető alacsony albedó mellett ezen ipari hulladékokban zajló lassú bomlásfolyamatok is szerepet játszanak. Az antropogén eredetet jól mutatják a 2. táblázatban feltüntetett paraméterek is: a kirívóan alacsony térfogattömeg- és sűrűségadatok, a homokos vályogra nem jellemző magas vízkapacitási értékek természetes talajok esetén nehezen képzelhetőek el. Bár a fitoextrakciónak nem kedveznek a magas pH-értékek, mivel a földszerű anyag gyengén lúgos, lúgos pH-ja csökkenti a már adszorbeálódott nehézfémek

növény általi felvehetőségét, viszont ez akadályozza a szivárgó vizekkel való mélybejutását is, így ezen kémhatás viszonyok a tervezett fitostabilizációt tekintve előnyösek.

2. táblázat. A mintaparcellák főbb talajtani jellemzői (HV: homokos vályog, NA: nehéz agyag)

Almásfüzitő

Parcellaszám	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Arany-féle kötöttség Fizikai féleség	36 HV	36 HV	36 HV	36 HV	36 HV	36 HV
Humusztartalom (m/m%)	1,56	1,25	1,39	1,33	1,33	1,36
Karbonáttartalom (m/m%)	10,9	10,0	14,8	15,6	12,2	12,1
pH (H_2O)	8,9	8,1	8,0	10,5	8,8	8,0
pH (KCl)	9,1	8,4	8,3	11,3	9,1	8,2
Max. vízkapacitás (v/v%)	56	57	46,3	47,7	48,3	48,8
Szántóföldi vízkap. (v/v%)	39,5	39,6	33,3	31,4	32	32,4
Térfogattömeg (g/cm^3)	1,1	1,03	1,25	1,2	1,18	1,18
Sűrűség (g/cm^3)	2,48	2,4	2,33	2,28	2,33	2,32

Mártély

Parcellaszám	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Arany-féle kötöttség Fizikai féleség	79 NA	79 NA	78 NA	80 NA	79 NA	79 NA
Humusztartalom (m/m%)	0,81	1,01	0,97	1,02	1,06	1,12
Karbonáttartalom (m/m%)	-	-	-	-	-	-
pH (H_2O)	6,9	6,8	6,9	7,1	7,0	6,8
pH (KCl)	6,9	6,8	6,8	7,0	6,9	6,8
Max. vízkapacitás (v/v%)	58,4	62	52,9	59,3	56,6	55,5
Szántóföldi vízkap. (v/v%)	50,3	53,5	45,4	50,5	47,6	52
Térfogattömeg (g/cm^3)	1,13	1,04	1,26	1,06	1,14	1,21
Sűrűség (g/cm^3)	2,7	2,71	2,68	2,6	2,72	2,71

Mártélyon a szélsőséges mechanikai összetételnek köszönhetően a vizsgált iszap vízgazdálkodási tulajdonságai is szélsőséges értékeket mutatnak. A magas szántóföldi vízkapacitású és magas holtvíztartalmú nehéz agyagok az optimális növényi tápanyag-felvétel akadályozása révén negatív hatással vannak a fitoremediáció sikerére. A kiszáradva zsugorodó, nedvesen pedig beduzzadó agyag mechanikai hatása is komoly károkat okoz a növényzet gyökérzetében (4. ábra).

4. ábra. Kiszáradva a mártélyi kotrási iszap erősen megrepedezik

Összefoglalás

A fitoremediációs eljárások során az alkalmazni kívánt növényfajoknak igen komoly követelményrendszernek kell megfelelnie. Nem elegendő csupán a nehézfém-rezisztancia és az adott elemre vonatkozó hiperakkumuláló tulajdonság, hanem a kiindulási anyag milyenségétől függően a további szennyezőanyagok és a sokszor szélsőséges talajtani körülmények is komoly korlátozó tényezőt jelenthetnek a növényzet megtelepedése és fejlődése szempontjából. Ugyanakkor a sajátos talajtani tényezők segíthetik is a kitűzött cél megvalósítását. A talaj minőségi vizsgálatából következtetéseket tudunk levonni a növényi transzporttal és elemfelvehetőséggel kapcsolatban, a limitáló talajtani tényezők feltárása pedig lehetőséget ad a fitoremediációs eljárás sikerességének előzetes becslésére, azáltal, hogy a folyamatot pozitív és negatív irányban befolyásoló tényezőket folyamatosan monitorozzuk.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFP 3/A – 3A0009/04 program támogatja.

Felhasznált irodalom

Bódog I. – Polyák K. – Hlavay J. 1997: Determination of heavy metals in lake and river sediments by selective leaching. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. Vol. 66. pp. 79-94.

Buzás I. (szerk.) 1988: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó, Bp. p. 243.

Buzás I. (szerk) 1993: Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata. Inda 4231 Kiadó Bp. p. 357.

Simon L. 2004: Fitoremediáció. Környezetvédelmi füzetek 2004. április. p. 60.

Vashegyi Á. – Mezősi G. – Barta K. – Farsang A. – Dormány G. – Bartha B. – Pataki Sz. – Erdei L., 2005: Phytoremediation of heavy metal pollution: A case study. Acta Biologica Szegediensis 49/1-2. pp. 77-79.

A mikrobiális aktivitás mérése és lehetséges kontrollja mezőgazdasági és kommunális eredetű szerves anyagok hasznosításánál

Biró Borbála[1] – Villányi Ilona[1] – Füzy Anna[2] – Ködöböcz László[2] – Angerer Ildikó[2] – Makádi Marianna[2] – Anton Attila[1] – Monori István[3]
[1]MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet,
1022 Budapest, Herman O. út. 15, e-mail: biro@rissac.hu;
[2]Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő;
[3]Debreceni Egyetem, Agrárcentrum, Karcagi Kutatóintézet, Karcag

Összefoglalás

A mezőgazdasági és kommunális eredetű szerves anyagok talajtermékenységi értéke növekszik, de alkalmazásuknál a potenciális kórokozó mikroorganizmusok kiiktatására nagy gondot kell fordítani. A dolgozat juhtrágya alapú komposzttermékek kialakításáról, előállításáról számol be. A technológiai folyamat különböző szerves és szervetlen anyagokkal való kiegészítéseket, kezeléseket (foszfor, bentonit, mikrobiális oltóanyagok...stb.) tartalmazott. A komposztálás során két-hetenkénti mintavételezéssel a legfontosabb kitenyészthető mikrobacsoportok (heterotrófok, mikroszkópikus gombák, sugárgombák…stb.) számát (cfu.$\log_{10}$ g^{-1} talaj) vizsgáltuk. A patogén mikrobákat (*Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Clostridium perfringens*) az EU előzetes normatívái (prEN) szerint detektáltuk.

A kitenyészthető mikroorganizmusok száma, mennyisége folyamatosan változik a komposztálás során, a komposztálás előrehaladtával általában nő. A vizsgált mikrobacsoportok szerepe a folyamatban különböző, és számuk igen érzékenyen reagál a kezelésekre vagy a komposzt állapotára. A potenciális patogének a komposztálás során elpusztulnak. A kialakítás alatt levő egységes Európai monitoring módszerek alkalmasak az alternatív tápanyag-utánpótlási módszerek megnyugtató alkalmazásának alátámasztására.

Summary

The values of agricultural and municipal wastes are increasing nowadays. Concerns are required, however, to eliminate the potential pathogens of food quality and safety importance. Several compost-types, of sheep-yard manure-origin were developed in the study. There were various amendments used during the process, such as the phosphorous, bentonite, microbial inoculums…etc. The abundance of the most important microbes, such as the heterotrophs, micromycetes, actinomycetes were assessed (cfu.$\log_{10}$ g^{-1} soil) in a be-weekly interval. The potential pathogens (*Escherichia coli*, *Salmonella* sp., and *Clostridium perfringens*) were studied by prEN prenormative methods.

Abundance of countable microbes was found to be increasing as a function of the sampling time at the various composts. There were, however great ecophysiological differences found among the microbial groups, studied. The quantity and quality of such

micro-organisms are sensitive indicators of the treatments and the stage of the composts. The microbes of potential pathogens can be eliminated during the composting process. The new European standards (under development), are well-applicable for the pathogen-detection, therefore the safe application of such compost-products can be possible in the sustainable agricultural practice.

Bevezetés

A talajtermékenység fenntartási igénye megköveteli a tápanyagok visszapótlásának valamilyen módját a mezőgazdasági termesztés során. Az állati trágyák felhasználásának napjainkra jelentkező csökkenése, illetve a kommunális eredetű hulladékok, az EU csatlakozást és a fokozottabb csatornázást követő, megnövekedett mennyiségei, azonban az eddigiektől eltérő tápanyag-visszapótlási módszerekhez vezetnek. Az alternatív szerves anyagok olyan potenciális értéket képviselnek, melyek a talajok fizikai tulajdonságainak, szerkezetességének javításával egyidejűleg eredetüktől és összetételüktől függően (Vermes, 1983) fokozhatják a talajbiológiai aktivitást is (Jevcsák et al. 2001). A növények folyamatos, az élettani igényükhöz igazodó tápelem-ellátottsága ezért közvetlen és közvetett folyamatok révén, a mikrobiológiai aktivitáson, vagy a vízháztartás javulásán keresztül valósul meg.

A kedvező hatások mellett azonban meg kell említeni a különböző, potenciálisan veszélyes kórokozók előfordulását, vagy a toxikus nehézfémek akkumulációját is (Szili-Kovács 1985; Biró 1999; Biró et *al*. 2004, Molnár et *al.* 1995). A következmények elkerülése érdekében, különösen a kommunális eredetű szennyvíziszapoknál leginkább a hulladék-depóniákban való lerakást részesítik előnyben. Az Európai Unió ennek ellensúlyozására a 99/31/EEC irányelvben szabályozza, a hazai előírás pedig, 2014-re fokozatosan a legminimálisabb mennyiségre csökkenti a kommunális lerakókra vihető hulladékok szerves anyag tartalmát. A szerves hulladékok eredetétől függően, elsősorban a potenciálisan kórokozók kiiktatása, eliminálása érdekében különféle stabilizálási, kondicionálási és szervesanyag-átalakítási módszerek ismertek. Ezek sorában leginkább a szárítás, mésziszap-kezelés, a gáz-hasznosítással egybekötött rothasztás vagy a különböző adalékanyagokkal megvalósított komposztálás (Benedek et *al.* 1977) terjedt el. A mezőgazdasági területeken a fás- illetve lágyszárú energiaerdő ültetvényeken való hasznosítás szempontjából legmegfelelőbbnek a komposztálás mutatkozik; az eljárás lehetőséget kínál más reciklizálható melléktermékek és hulladékok (pl. növényi maradványok) együtt-komposztálására is.

Az eljárás előnyeit Hangyel és Krisztián (1995), valamint Tamás (1998) foglalta össze: **1)** a humifikáció stabilizálja a szerves anyagokat, **2)** a tápanyag-feltáródás lassul a tápanyag-kimosódás esélye csökken, **3)** a mikro-organizmusok növénynövekedés-szabályozó, hormonhatású („*plant-growth-regulátor*", PGR) anyagai is serkentik a növénynövekedést, **4)** javul a növények

ellenálló-képessége a kórokozókkal és kártevőkkel szemben, **5)** a szerves-anyagok mineralizációja során az üvegházhatásért felelős szén-dioxidot a növények is hasznosítják, **6)** a talajszerkezet stabilizálódik, a porosodás és erózió veszélye csökken, javul a talajok víz-, hő- és levegőgazdálkodása, **7)** csökken a humán-, állat- és növény-egészségügyi kockázat a kórokozóknak a komposztálás hő-szakaszában történő pusztulása miatt, **8**) a komposztálás során a szerves toxikus anyagok jelentős része is lebomlik. A felsorolt előnyöket Benedek et *al.* 1977; Vermes, 1983; Vermes, Biró 2002, Beczner et *al.* 2004 közleményei is bizonyos szempontok szerint tovább hangsúlyozzák.

A hasznosíthatóságot tovább fokozhatja a biológiai nitrogén-kötésre képes (szabadon-élő, asszocfiatív és szimbonta *Azotobacter, Azospirillum,* és *Rhizobium, Bradyrhizobium*) baktérumokkal, és/vagy növény-növekedést serkentő („*plant-growth promoting rhizobacteria*", PGPR) oltóanyagokkal való kiegészítés is, amellyel tőzeg-alapú vivőanagokat is kiválthatunk (Ködöböcz et *al.* 2003, 2005). A felhasznált adalékanyagok stabilizálják a nehézfémeket, így a talaj-növény-állat-ember táplálékláncban való feldúsulás csökken (Tamás, Filep 1995; Simon et *al.* 2000). Más tanulmányok a hasznos mikroszervezeteknek a nehézfém-hatásokat csökkentő szerepére is rámutatnak (Kádár et *al*. 2001, Vivas et *al.* 2003). A hazai szabályozást az 50/2001 (IV.3) Kormányrendelet szabályozza.

A mezőgazdasági gyakorlat számára a komposztok előnyösek, mivel: i) azokban kevesebb a csíraképes gyommag, mint az almos trágyában, ezért kisebb lesz a vegyszer- és energia-igény; ii) a kedvezőbb talajállapot miatt könnyebb a talajművelés is. A komposztálás folyamatában az oltóanyagok mellett további kiegészítő anyagokat, mint pl. meszet, különböző agyagásványokat (zeolit, alginit, klinoptilol), valamint foszfor-kiegészítést (csontliszt, nyersfoszfát, foszforgipsz) is alkalmazhatnak. Ezek célja a nehézfém-felvétel csökkentése, a víztartalom stabilizálása, a pH módosítása, azaz a mikrobiális bio-transzformáció gyorsítása. Ebben számos mikroorganizmus részt vehet és a mikrobiális konzorcium mennyisége és minősége is változik a komposztálás során is. Az élelmiszer-minőségi és –biztonsági szempontok miatt olyan módszerekre van szükség, melyekkel a komposzt állapota jellemezhető, a potenciálisan előforduló kórokozó mikroorganizmusok jelenléte kimutatható. A jelen munka egy juhtrágya alapú komposzt példáján keresztül mutatja be a mikrobiológiai tulajdonságok kezelésfüggő változását, amihez klasszikus laboratóriumi módszereket alkalmaztunk. A potenciális patogén mikróbák jelenlétét európai szinten egységesített tesztmódszerekkel vizsgáltuk.

Anyag és módszer

A komposztálási folyamat mikrobiológiai követése

A Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum (DE ATC) Karcagi Kutató Intézetének területén komposztálási alapozó kísérletek folytak. A megközelítőleg 2 hónapos időszak alatt (2005. 05. 10. és 2005. 07. 20. között) mikrobiológiai vizsgálatok céljából 7 mintavétel történt. A komposzthalmok kezeléseit az 1. táblázatban tüntettük fel. A két párhuzamosban beállított komposzthalmok mintavételezése több pontból vett mintával 50 cm mélyről történt. Feldolgozásig, melyet, a mintavételt követő 24 órán belül elvégeztünk, a mintákat 4-6 ^{o}C –on tároltuk.

Meghatároztuk a komposztálás folyamatában résztvevő néhány kitenyészthető mikrobacsoport (heterotróf összcsíraszám, mikroszkópikus gombák, sugárgombák és spóraképzők) számát, illetve annak alakulását az idő és a kezelések függvényében. A minták 1-1 g-jából készített hígítási sorokat szelektív táplemezen (pl. Martin agar, Ashby agar..stb.) általunk módosított eljárással (Biró és Angerer, 1997; Angerer et *al*., 1998) tenyésztettük ki. A spóraképzőknél az adott hígításokat 10 percig 80 ^{o}C-on hőkezeltük. A kezelést követően a lemezeket 28 ^{o}C-on inkubáltuk, mikrobacsoporttól függően 24-72 óra időtartamig. A telepszámokat 1 g száraz mintamennyiségekre konvertáltuk. Az eredményeket kéttényezős variancia-analízissel értékeltük ki.

1. táblázat. Juhtrágya alapú komposztálási alapozó kísérlet kezelései.
Table 1. Treatments in the compost-experiment with sheep-yard manure and various amendments. (a) labelling, (b) inorganic amendments, $^{+}$non-nominated here, (c) phosphorous, (d) microbial inoculums ^{x}from riped compost, (e) biofert, as *side product of L-lizin-industry. *(DE ATC, Karcag, 2005)*

(a) Kezelések	(b) Adalékanyagok^{+}	(c) Foszfor	(d) Mikroba-oltó^{X}	(e) Egyéb*
0. juhtrágya	-	-	-	-
1. juhtrágya	1-es	-	-	-
2. juhtrágya	2-es	-	-	-
3. juhtrágya	-	foszforgipsz	-	-
4. juhtrágya	-	nyersfoszfát	-	biofert
5. juhtrágya	1-es	-	-	biofert
6. juhtrágya	2-es	-	-	biofert
7. juhtrágya	1-es	foszforgipsz	-	biofert
8. juhtrágya	1-es	nyersfoszfát	-	biofert
9. juhtrágya	1-es	foszforgipsz	baktérium	-

$^{+}$ Az adalékanyagot csak kódolással jelöljük; ^{X} A baktérium tenyészet érett komposztból származik; * A biofert az L-lizin gyártás melléktermék

Potenciális kórokozó mikroorganizmusok kimutatási lehetőségei

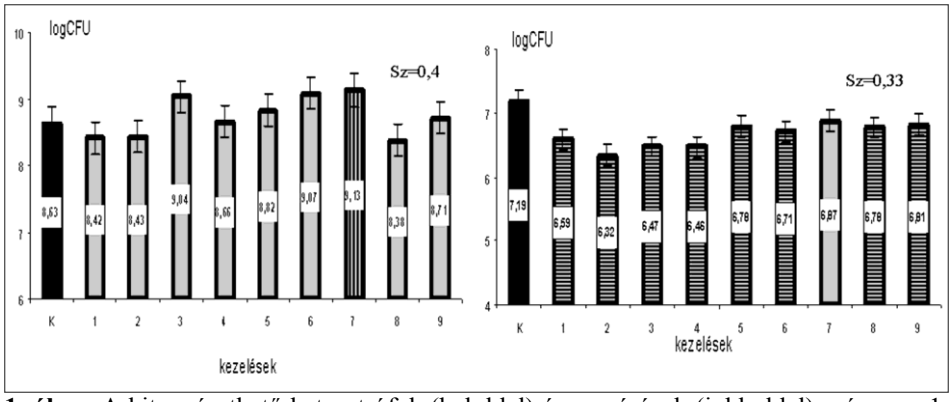
Az állategészségügy és az élelmiszer-minőség szempontjából fontos néhány mikrobafaj- és -csoport (*Escherichia coli, Salmonella* sp.) kimutatási lehetőségét ellenőriztük különböző módszerekkel kommunális szennyvíziszapokat tartalmazó mintákból a HOR-Hyg (EU-Kp6) projekt előírásai szerint. Ennek során mikrobacsoportonként háromféle eljárást alkalmaztunk: szűrést, legvalószínűbb szám (MPN) és a jelenlét vagy a hiány módszerét (előzetes Európai Normatívák (prEN) szerint a következő kódok alapján *Salmonella* sp. kimutatására a prEN 15215-1, -2 és –3 elő-szabványokat. Ezen kívül szűrést és kétféle MPN módszert is teszteltünk az *E. coli* csíraszám meghatározásához, a prEN 15214-1, -2, -3 eljárások szerint. Az összehasonlító vizsgálatokhoz hazai mintákat kaptunk heti rendszerességgel az FCsM Észak-Pesti Szennyvíztisztító Telepéről. A minták egy része a kezeletlen nyers iszapot, más részük mésszel kondicionált iszapot, ismét más részük komposztált iszapot tartalmazott. A minták kiértékelésénél kontroll mikroorganizmusokat is felhasználtunk, ezek a Francia Pasteur Intézettől érkeztek. Az eredmények feldolgozása a nemzetközi eredményekkel való összehasonlításban, jelenleg is folyamatban van. A szabványosítási eljárásra ezt követően kerül sor.

Eredmények és értékelésük

Kitenyészthető mikroorganizmusok és komposzt-kezelések

Az 1. ábra az összes heterotróf és a spóraképző mikroorganizmusok számát mutatja az 1. táblázatban közölt kezelések függvényében, a juhtrágya alapú komposzt-termékekben az összes mintázásnál kapott adatok átlagában. Megállapítható, hogy a vizsgált mikrobacsoportok száma a csoportra jellemző nagyságrendet mutatja az adott szelektív táplemezekkel. Ennek megfelelően a legnagyobb mennyiséget (10^8-10^9 g^{-1}) az összes kitenyészthető heterotróf mikroorganizmusoknál, a legkisebbet pedig (10^6 -10^7 g^{-1}) a spórásoknál tudtuk kimutatni. Az 1. táblázatban közölt kezelésekre szintén a spórások reagáltak a legkevésbé, a juhtrágya kontrollhoz viszonyítva az összes kezelés csökkentette a spórások számát.

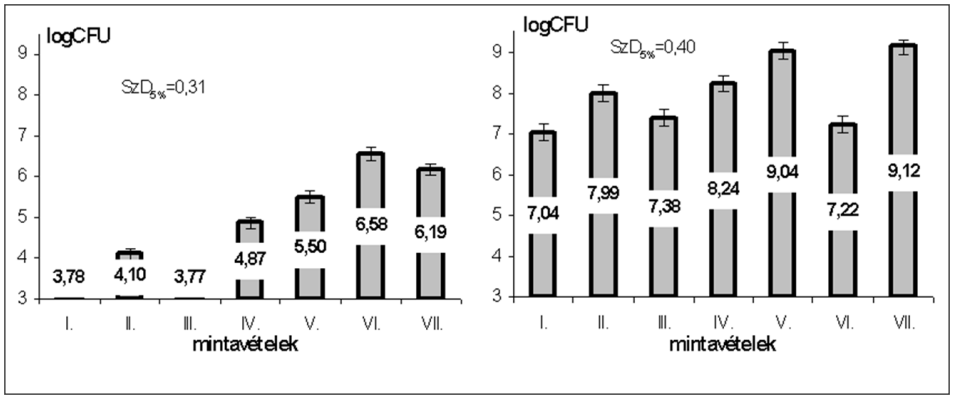
A heterotrófoknál a foszforgipsz kiegészítés növelte a csíraszámot, a 7. kezelésnél ez szignifikáns is lett, ami a további adalékanyagnak, a biofertnek a hatására következett be. A nyersfoszfáthoz viszonyítva tehát a lassúbb feltárási ütemű foszforgipsz a csíraszám változására kedvezőbbnek bizonyult, amit a 3-as és 7-es kezeléseknél a tendenciájában is jelentkező nagyobb mikrobatömeg mutat. A spórások indifferens voltát ugyanakkor az intenzív anyagcsere-folyamatok és a felvehető tápanyagok nagy mennyiségei magyarázhatják.



1. ábra. A kitenyészthető heterotrófok (baloldal) és a spórások (jobboldal) száma az 1. táblázat kezelései szerint juhtrágya alapú komposzt-termékeknél.
Figure 1. Abundance of countable heterotrophs (left) and sporaformers (right) at compost- products from the Table 1. (A függőleges sávozás szignifikánsan magasabb, a vízszintes, pedig alacsonyabb csíraszámokat jelöl). *DE ATC, Karcag, 2005*

Kitenyészthető mikroorganizmusok és komposztálási folyamat

A 2. ábra a komposztálási folyamat során kéthetenkénti rendszerességgel vett komposzt-minták kitenyészthető fonalas gomba és sugárgomba csíraszámát mutatja be. Megállapítható, hogy a csíraszám a komposztálás teljes ideje alatt általában folyamatos növekedést mutatott. A kitenyészthető csíraszám ugyanakkor nem változott a spóraképzők esetében.



2. ábra. A kitenyészthető fonalas-gombák (baloldalt) és sugárgombák (jobboldalt) számának alakulása juhtrágya alapú komposzt-termékeknél a mintavételi időpontok függvényében.
Figure 2. Countable abundance of micromycetes (left) and ascomycetes (right) along the composting process at the sheep-yard manure composts (*DE ATC Karcag, 2005*)

A folyamat az 5. mintavételkor került az intenzív szakaszába, ami tíz-heti komposztálási időt jelent. A spóraképzők száma a folyamat intenzív szakaszával kevésbé korrelált és már a második mintavételkor a később tapasztalható legmagasabb értéket kaptuk.

Megállapíthattuk, hogy a kitenyészthető mikroorganizmusok száma, mennyisége folyamatosan változik a komposztálás során. A különböző mikroorganizmusok szerepe és reakciója a folyamatban különböző, amit a spóraképzők eltérő viselkedése, illetve a kezelésekre adott indifferens volta is jelzett (1. ábra). A kitenyészthető csíraszámok ugyanakkor kevésbé bizonyultak érzékenynek arra, hogy a komposztálás változatos kezeléseit mikrobiológiai szempontból elkülöníthessük, annak ellenére, hogy az adalékanyagok jellegéből következően fizikai és kémiai különbségek is kialakultak. A mintavételi időpontok adatai közötti nagy szórásértékek azonban azt is jelzik, hogy a kezelések adalékanyagai mellett a komposzthalmok levegőzöttsége, vagy víztartalma, nem utolsó sorban pedig, a mintavétel egyenletessége is kulcsfontosságú a változások kimutatásában. Annak ellenére, hogy a kitenyészthető csíraszámok irodalmi adatok szerint is a teljes mikrobiológiai közösségnek csak az 1-2 %-át képesek kimutatni, a csíraszám változásával a komposztálásnak az intenzívvé válását ki lehetett mutatni. A különböző kezelésekkel elért mikrobiális közösségek minőségi változásának nyomon követéséhez ugyanakkor, egyéb módszerek bevezetése is indokolt.

A potenciális patogén mikroorganizmusok lehetséges kontrollja

Az állategészségügy, vagy az élelmiszeripari biztonság szempontjából kiemelt jelentőségű mikroorganizmusokat az Európai Unióban a tagországok között egységesíteni kívánt módszerekkel is megkíséreltük kimutatni. Ezek közül a 2. táblázatban az *Escherichia coli* baktériumra vonatkozó adatokat közöljük. A mintázás hetenkénti rendszerességgel történt, a mintavételnél háromféle kezelési módot vettünk figyelembe, azaz a nyers szennyvíziszap mellett a rothasztott, vagy a komposztált mintákat is vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a nyers iszaphoz viszonyítva a rothasztott minták kimutatható csíraszáma 2-3, a komposztált mintáké pedig 5-6 nagyságrenddel is csökkent, ami általában már a kimutathatósági határt is jelölte az adott módszerekkel. A komposztálással tehát a csíraszám-értékek jelentősen lecsökkenhetnek, a talajokra való kihelyezés kockázata is jelentősen mérséklődik.

Az előzetes európai normatívák által a megállapítható csíraszám-értékek az adott módszer szerint változnak. Az EU HOR-Hyg projektjében a klasszikus módszerek között is többfélének a tesztelésére került sor. Az adatoknak a vizsgálatba bevont egyéb Európai partnerekkel való összehasonlítása, eredményértékelése az összehasonlító vizsgálatok befejezését fogja követni.

2. táblázat. *Escherichia coli* baktériumok száma (log_{10} g^{-1}) különféleképpen kezelt szennyvíziszap-mintákban három különböző előzetes Európai normatíva szerint (2006.02.13.– 04.10. között hetenkénti mintázással, az FCSM Észak-Pesti Telepéről, Budapest).

Table 2. Abundance (log_{10} g^{-1}) of *E. coli* in various sewage-sludge samples, originating from the North-Budapest Treatment Plant, sampled between 13.02- 10.04.2006 by a weekly frequency). (a) prEN method, (b) raw sludge, (c) digested sludge, (d) composted sludge

(a) **Módszer+**	**(b)** **Nyers iszap**	**(c)** **Rothasztott iszap**	**(d)** **Komposztált iszap**
Szűrés	5,95	3,35	<1
(siewing)	5,37	3,19	<1
prEN 15214-1	5,65	3,67	<1
	5,34	4,04	<1
	4,70	3,98	<1
	4,80	3,06	<1
	4,90	4,18	<1
Átlag (szórás)	**5,24 (0,46)**	**3,63 (0,44)**	**k.h***
Microplate	6,29	4,09	<1,35
prEN 15214-2	6,33	4,16	<1,35
	6,44	4,56	**2,47**
	6,36	4,56	<1,35
	6,63	4,61	<1,35
	6,62	4,34	<1,35
	6,49	4,39	<1,35
Átlag (szórás)	**6,45 (0,13)**	**4,38 (0,20)**	**k.h**
MPN	5,54	3,54	<0,48
prEN 15214-3	5,89	3,35	<0,48
	5,54	4,24	**1,83**
	5,15	4,25	<0,48
	5,41	4,25	<0,48
	6,12	4,16	<0,48
	6,45	3,54	<0,48
Átlag (szórás)	**5,72 (0,45)**	**3,90 (0,41)**	**k.h**

+ előzetes Európai normatívák száma (Prenormative EU standards);
* k.h. kimutathatósági határ (non-detectable limits)

Konklúzió

A klasszikus mikrobiológiai módszerek alkalmasak a különböző mikrobák mennyiségi kimutatására és a komposztok minőségi változásának a nyomon követésére. A különböző mikroba-csoportok kimutatási érzékenysége és a komposztálásban betöltött szerepe különböző. A mikrobák száma a komposztálás előrehaladtával növekszik. A komposztálás során az állategészségügy és az élelmiszer-biztonság szempontjából figyelembe veendő

mikroorganizmusok előfordulása a kimutathatóság alá csökken. Az alkalmazott Európai előzetes módszerek alkalmasak a szennyvíziszap-alapú termékekben a potenciális kórokozók kimutatására.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat az OTKA (T0 46610, EN 064310), az EU-kp 6 és a GVOP KÖR-Komp, HOR-Hyg projektjei támogatták. A komposztok felhasználási előnyeit bilaterális együttműködésekkel (RAS-HAS, CsIC-HAS, BOKU-TAKI) is kutatjuk.

Az idézett irodalmi hivatkozások jegyzéke

Angerer IP., Biró B, Köves-Péchy K., Anton A. & Kiss E. 1998. Indicator microbes of chlorsulfuron addition detected by a simplified soil dilution method. *Agrokémia és Talajtan,* **47**: 297-305.

Beczner J., Biró B., Korbász M. & Jankó Sz. 2004. A talaj, mint a növényi eredetű élelmiszerek mikrobás szennyezettségének a forrása. *Konzervújság*, **3**: 81-84.

Benedek P, Farkas P, Oláh J. & Vermes L. 1977. A szennyvíziszap-elhelyezés és mezőgazdasági hasznosítás feltételei. VIZDOK, VMGT-90, Budapest, Corvinus Egyetem, p. 247.

Biró B. 1999. További tudnivalók a kommunális szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezéséről. Talajbiológiai következmények. *Gyakorlati Agrofórum,* (X.) **9**: 4-6

Biró B. & Angerer I.P. 1997. Módosított talajhigításos szelektív kitenyésztés környezet-védelmi szempontú talajbiológiai állapotfelmérésre. In: *Proc. of XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia,* Siófok, p. 287-292;

Biró B., Beczner J. & Németh T. 2004. Problems on sludge. The Hungarian point of view. p. 31-36. In: *Problems around sludge*. The accession countries perspectives. Joint DG/JRC, DG ENV Workshop (Eds. Gawlik BM, Marmo L), EU-IES, ISPRA, Italy.

Hangyel L. & Krisztián J. 1995. Települési szennyvíziszap hasznosítása külszíni szénbányák meddőhányójának rekultivációjára Visontán és Ecséden. *Agrokémia és Talajtan*, **44**: 399 – 402.

Jevcsák I., Ködöböcz L., Kecskés M., Szili-Kovács T. & Biró B. 2001. Microbial characteristics of pea rhizosphere affected by sewage sludge doses in some Hungarian soil types. *Acta Microbiol. Immunol. Hu.* **48**. 175.

Kádár I., Köves-Péchy K., Vörös I. & Biró B**.** 2001. Mikroelem-terhelés hatása a borsóra karbonátos csernozjom talajon II. Elemfelvétel és gyökérszimbiózis. *Agrokémia és Talajtan,* **50**: 83-101.

Ködöböcz L., Biró B., Dusha I., Sáry L., Izsáki Z. & Kecskés M. 2003. Rhizobiumok túlélőképessége különböző vivőanyagokban. *Agrokémia és Talajtan*, **52**: 395-408.;

Ködöböcz L., Kárpáti É., Dusha I. & Biró B. 2005. Asszociatív nitrogén-kötő oltóanyagtörzsek túlélőképességét befolyásoló tényezők két potenciális vivőanyagban. *Agrokémia és Talajtan*, **54**: 177-189.

Molnár E., Németh T. & Pálmai O. 1995. Problems in heavy metal pollution in Hungary. In: Heavy Metals; Problems and solutions. (Eds.: Salomons et *al.*), Chapter 19, p. 323-344., Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. 1995.

Simon L., Prokisch J. & Győri Z. 2000. Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica nehézfém-akkumulációjára. *Agrokémia és Talajtan*, **49**: 247-256.

Szili-Kovács T. 1985. A szennyvíziszap elhelyezés talaj-mikrobiológiai problémái. *Agrokémia és Talajtan*, **34**: 486-493.

Tamás J. & Filep Gy. 1995. Nehézfém forgalom vizsgálata szennyvíziszapokkal terhelt mezőgazdasági területeken. *Agrokémia és Talajtan*, **44**: 419-427.

Tamás J. 1998. Szennyvíztisztítás és szennyvíziszap elhelyezés. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen, pp. 150.

Vermes L. 1983. A szennyvíziszapok hatása a talaj kémiai és fizikai sajátosságaira. p.33-52. *In:* Települési szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezésének talajtani és agrokémiai kérdései. MÉM NAK, Budapest

Vermes L. & Biró B. 2002. Study on the revitalisation potental of thermal-treated soils. *Agrokémia és Talajtan*, **50:** 129-138.

Vivas A., Azcon R., Biró B., Barea J.M. & Ruiz-Lozano J.M. 2003. Influence of two bacterial strains from a Pb-polluted soil on plant growth and on arbuscular mycorrhizal functioning under Pb toxicity. *Canadian J. Microbiology*, **49**: 577-588.

50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet: a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásáról és kezelésének szabályairól. *Magyar Közlöny*. 2001. 39. szám. 2532 – 2543. old.

Talajok olajvezető-képességének becslése szénhidrogénnel szennyezett területek tényfeltárása során

Elek Barbara[1] *– Makó András*[2] *– S. Nagy István*[3]
[1]Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar;
[2]Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar;
[3]Luzonit Mérnöki Iroda

Összefoglalás

Kutatási feladatunk keretében kidolgoztuk az eredeti szerkezetű talajminták apoláros szerves folyadékokkal történő folyadékvezető-képességének mérési módszerét. Vizsgáltuk a szénhidrogénszennyezés terjedési modellek által használt olajvezető-képesség becslő egyenlet alkalmasságát a vizsgálati adatbázison. Megállapítottuk, hogy ezek az egyenletek nem alkalmasak a vizsgált eredeti szerkezetű talajminták olajvezető-képességének becslésére. Kerestük azokat a – könnyen mérhető – talajparamétereket, melyek korrelatív kapcsolatba hozhatók a minták olajvezető-képességével azzal a céllal, hogy vizsgáljuk egy majdani „újabb típusú" becslési módszer kidolgozásának lehetőségét. Az adatbázis elemzésével kapott regressziós összefüggések alkalmasak lehetnek arra, hogy az olajvezető-képesség becslési módszerének kidolgozásához támpontot nyújtsanak, azt megalapozzák. Ugyanakkor a jelenleg rendelkezésre álló adatbázis – további, most már „rutinvizsgálatokkal" – feltétlenül kibővítésre szorul ahhoz, hogy a könnyen mérhető talajparaméterek alapján a talajok szénhidrogénvezető-képességét becsülni tudjuk.

Bevezetés

Magyarországon az elmúlt évtizedekben számos olyan ipari létesítmény szűnt meg, melyek területén nagy mennyiségű szénhidrogén szennyezés kerülhetett be a felszín alatti befogadóba. Napjainkban ezen felhagyott ipari létesítmények helyén ún. barnamezős beruházások valósulnak meg. A barnamezős beruházás folyamán - tekintettel a felszín alatti vizek védelméről szóló 219/2004. (VII. 21.) Kormányrendeletre - a már bekövetkezett szennyezés(ek) esetén kármentesítést kell végezni a köz érdekében. A kármentesítés első szakasza a tényfeltárás. A tényfeltárás során vizsgálni kell minden olyan szennyezőanyag - esetünkben szénhidrogén - térbeli előfordulását, melynek jelenléte a területen végzett addigi tevékenységek vagy alkalmazott technológiák alapján valószínűsíthető, továbbá környezeti- és humánkockázat becsléssel meg kell adni az ún. kármentesítési célállapot határértéket. A tényfeltárás során a felszín alatti közeg állapotának megismerése céljából talajminták vételezése történik. Ezt követően a vizsgálati eredmények figyelembevételével - számítással, modellezéssel - történik meg a szennyezés térbeli és időbeli lehatárolása.

A talajba került szénhidrogén szennyezések egy része az ún. nem vizes fázisú folyadékok (NAPL: nonaqueous phase liquids) csoportjába tartozik. Ezen nem vizes fázisú folyadékok (NAPL) viselkedésének megismerése elengedhetetlen feltétele a ténylegesen vagy potenciálisan fennálló környezeti és humán kockázat minél pontosabb meghatározásának, valamint a szennyezett területek hatékony kármentesítésének (Várallyay, 1996). Az elmúlt években többen is tanulmányozták a nem vizes fázisú folyadékoknak (NAPL) a talajok folyadékvezető-képességére (folyadékvezető-képesség: a hidraulikus vezetőképesség (k) általánosítása vízre és a víztől eltérő folyadékokra) gyakorolt hatását (Makó, 2000; 2005; Soga et al., 2005). A laboratóriumi kísérletek eredményei azt mutatják, hogy a talajok folyadékvezető-képessége általában a folyadék fázis - szilárd fázis kölcsönhatások függvénye. Nagyobb mennyiségű agyagfrakciót tartalmazó talajok esetében ezért nem használható az a széles körben elterjedt becslési eljárás, melyben a szerves folyadékvezető-képességet a vízvezető-képességből (hidraulikus vezetőképesség) becslik a számításhoz felhasználva a folyadékpárok eltérő viszkozitási és fajlagos tömeg értékeit:

$$K_{tel,o} = k_{tel,v} \cdot (\mu_v \cdot \rho_o) / (\mu_o \cdot \rho_v) \qquad (1.)$$

ahol $k_{tel,o}$: telítettségi szerves folyadékvezető-képesség; $k_{tel,v}$: telített talaj hidraulikus vezetőképessége; μ_v és μ_o: a víz és a szerves folyadék viszkozitása; ρ_v és ρ_o: a víz és a szerves folyadék fajlagos tömege. A becslési módszer feltételezi, hogy a szilárd fázis és a folyadék fázis(ok) között nem játszódik le számottevő fizikai-kémiai, kémiai kölcsönhatás, vagyis a talaj "ideális porózus közegnek" tekinthető. A szerves folyadékvezető-képesség becslések hibáját eredményező folyadék fázis - szilárd fázis kölcsönhatások egyfajta kifejeződése a talajminták - nagy agyagtartalmú talajokra különösen jellemző - duzzadása vagy zsugorodása. A folyadéktelítés és a folyadékvezető-képesség mérés közben a víz és a szerves folyadékok hatására eltérő mértékben duzzadnak a talajminták, különböző mértékben változik a talajok differenciált porozitása (pórusméret eloszlása), a pórusméretek pedig döntően meghatározzák a folyadékvezető-képesség mértékét. A folyadék fázis - szilárd fázis kölcsönhatások különbözősége a víz és a szerves folyadékok esetében a szerkezetes talajok aggregátumainak stabilitásában is megmutatkozik. A különböző mértékben szerkezetes talajokkal vizes és apoláros szerves folyadék közegben végzett előkísérleteink alapján (Makó, 2000) feltételezhető volt, hogy a talajminták folyadékokkal való telítése és a folyadékvezetés mérése közben bekövetkező szétiszapolódás (dezaggregáció) mértékének függvényében változik a minták különböző folyadékokkal mérhető differenciált porozitása (nyomás-telítettség görbéinek alakulása) és folyadékvezető-képessége.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkhoz hat különböző dunántúli talajszelvény genetikai szintjeiből származó talajmintasort választottunk ki. Az *1. táblázat*ban mutatjuk be a talajok típusát és a megmintázott talajszintek mélységeit, illetve vastagságát. A begyűjtött talajminták legfontosabb fizikai és kémiai tulajdonságait a Fejér Megyei NAÁ Talajvédelmi Laboratóriumában (Velence) határozták meg (*1. táblázat*). A folyadékvezető-képesség méréseket desztillált vízzel és egy aromás összetevőktől mentes apoláros szerves modellfolyadékkal, a DUNASOL 180/220 elnevezésű kőolajlepárlási termékkel (származási helye: Százhalombatta, MOL Rt. Dunai Finomító) végeztük. A vizsgálatokhoz használt folyadékok fontosabb jellemzőit a *2. táblázat*ban foglaltuk össze.

1. táblázat. A vizsgálatokba vont talajminták jellemzése

Minta sorszáma (1)	**A talajminta származási helye és talajtípusa** (2)	**a mintázott talajszint jele és mélysége (cm) (3)**	**homok % (>0,05 mm) (4)**	**por % (0,002-0,05 mm) (5)**	**agyag %** (<0,002 mm) (6)	**térfogattömeg** (g/cm^3) (7)	**humusz %** (8)	**$CaCO_3$ %** (9)
1.	**Zalakomár** Erdőtalaj eredetű lejtőh. t. (a)	II. 20-33	82,3	14,8	2,9	27,2	1,18	0
2.		III. 33-63	79,9	16,1	4,0	32,8	0,68	0
3.		V. 104-122	73,8	16,6	9,6	34,8	0,82	0
4.	**Heresznye** ABET (b)	B 39-65	31,7	54,4	13,9	36,0	0,66	0
5.		C_1 65-105	26,0	59,3	14,7	38,4	0,36	0
6.		C_2 105-135	42,1	48,1	9,8	38,5	0,15	0
7.	**Zalakaros I.** Réti talaj (a)	A 0-20	73,5	21,4	5,1	48, 9	5,66	11
8.		B_1 20-47	62,5	25,4	12,1	40,4	4,52	14
9.		B_2 47-76	63,9	24,1	12,0	41,3	1,21	1,7
10.	**Zalakaros II.** (ABET) (b)	A 6-22	78,2	13,7	8,1	30,4	0,93	0
11.		B 22-43	65,1	20,2	14,7	33,7	0,37	0
12.		BC 43-54	61,6	24,9	13,5	38,9	0,26	0
13.		C_1 54-69	35,0	47,3	17,7	47,2	0,34	0
14.	**Vízvár I.** (ABET) (b)	A 0-23	67,1	28,6	4,3	27,7	1,10	0
15.		B_1 23-39	59,8	30,9	9,3	30,4	0,57	0
16.		B_2 39-68	51,3	37,2	11,5	37,8	0,43	0
17.		BC 68-85	58,7	24,3	17,0	34,8	0,24	0
18.	**Vízvár II.** (ABET) (b)	A 0-35	72,0	24,5	3,5	31,9	1,46	0
19.		B 35-57	51,1	37,7	11,2	33,2	0,53	0
20.		BC 57-79	48,8	35,7	15,5	39,6	0,31	0

A folyadékvezető-képesség mérések során az eredeti szerkezetű talajmintákat (100 cm^3 térfogat) 40 ^oC-on szárítottuk, majd a némiképp összezsugorodott talajoszlopokat óvatosan kiszedtük a mintavevő csőből. A száraz talajoszlopokat ezután 4-5 rétegben műgyantaborítással (POLIKON P-210 FAXT) vontuk be, majd lemértük a talajoszlopok átmérőjét, magasságát. (A műgyanta kb. 1 mm vastagságban a száraz talajba ivódott, így elkerültük, hogy a talajoszlop és a mintatartó henger fala között makropórusok, hézagok alakulhassanak ki.)

A mérési eredmények elemzése során vizsgáltuk a szénhidrogénszennyezés-terjedési modellekben általánosan alkalmazott (1.) becslő egyenlet „jóságát", majd statisztikai módszerekkel (regresszió-analízis, backward elimináció) értékeltük a talajtulajdonságok és a folyadékvezető-képesség közötti összefüggéseket (SPSS/PC for Windows 13.0).

2. táblázat. A folyadékvezető-képesség mérésekhez használt folyadékok jellemző tulajdonságai

A folyadékok fizikai és kémiai tulajdonságai (1)	**Desztillált víz** (2)	**DUNASOL 180/220** (3)
Forráspont (^oC)	100	179 - 217
Fajlagos tömeg [20 ^oC] (g/cm^3)	0,998	0,775
Viszkozitás [20 oC] (cP)	1,00	1,91
Aromás összetevők (m/m%)	0,00	0,00
n-alkánok (%)	-	60,3
Cikloalkánok (%) • 1 gyűrű • 2 gyűrű • 3 gyűrű • 4 gyűrű	-	 25,1 12,0 2,1 0,5
Határfelületi feszültség (folyadék/levegő) [20 ^oC] (mN/cm)	72,6	25,0
Határfelületi feszültség (folyadék/víz) [20 ^oC] (mN/cm)	-	45,9

Eredmények, értékelés

A korábbiakban ismertetett (1.) egyenlet felhasználásával végzett olajvezető-képesség becslés eredményeit mutatja az *1. ábra*. Az ábrán a becsült olajvezető-képességeket összehasonlítva a mért olajvezető-képességekkel megállapítható, hogy a szénhidrogénszennyezés terjedési modellekben széleskörűen használt (1.) egyenlet az eredeti szerkezetű talajok olajvezető-képességét általában alaposan alulbecsli, ezért az eredeti szerkezetű talajmintáknál az olajvezető-képesség becslésére az (1.) egyenlet nem alkalmas.

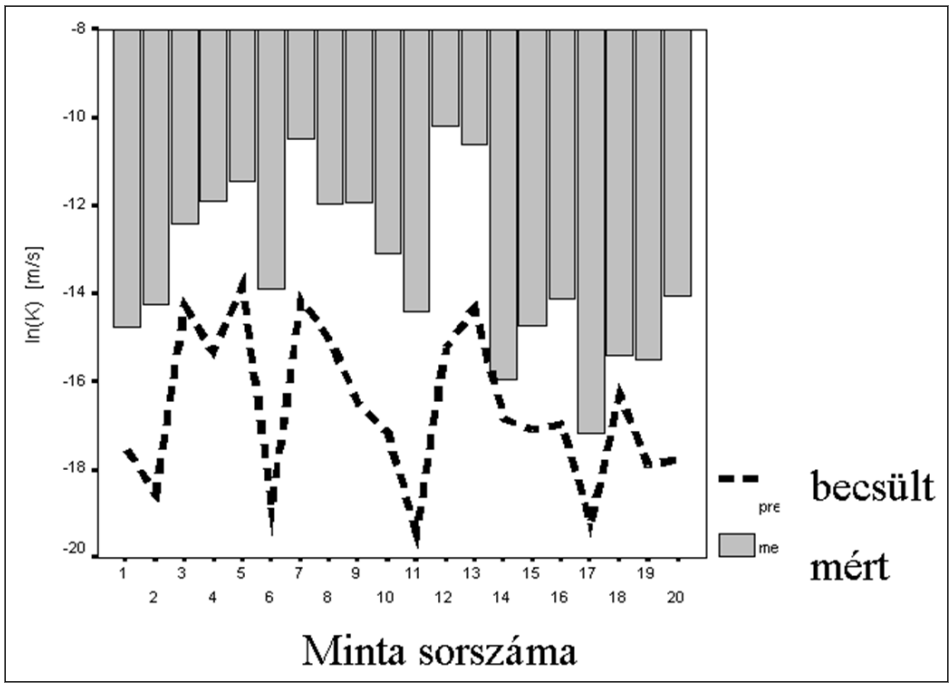
A továbbiakban kerestük a mért olajvezető-képesség értékek kapcsolatát a talajparaméterekkel, hogy ezzel egy esetleges új becslési eljárást alapozzunk meg.

Campbell (1985) kutatási eredményeire támaszkodva azt tapasztaltuk, hogy az alábbi típusú egyenlet adja a legjobb korrelációt a talajparaméterek (összporozitás, humusztartalom, stb.) és az olajvezető-képesség között.

$$k_{tel,o} = a \cdot P_{összes}^{\ b} \cdot k_{tel,v}^{\ c} \cdot \exp(d \cdot Ag + e \cdot Po), \qquad (2.)$$

ahol $k_{tel,o}$: a minták telítettségi szerves folyadékvezető-képessége (NAPL vezetőképessége) [m/s]; $P_{összes}$: az eredeti szerkezetű minták számított összporozitása [%]/100; $k_{tel,v}^{c}$: minták hidraulikus vezető-képessége; Ag: agyag [%]/100; Po: por [%]/100; *a, b, c, d* és *e*: az egyenlet illesztési paraméterei.

Vizsgálataink folyamán azzal a feltételezéssel éltünk, hogy az olajvezető-képesség függ az aggregáltságtól, valamint az aggregáltság összefüggésben van a talajok humusztartalmával. Ezért a mintákat két csoportra osztottuk humusztartalmuk alapján ($\leq$ 0,5 H%, és >0,5 H%).



1. ábra. A mért és az (1.) egyenlet alapján becsült olajvezető-képesség

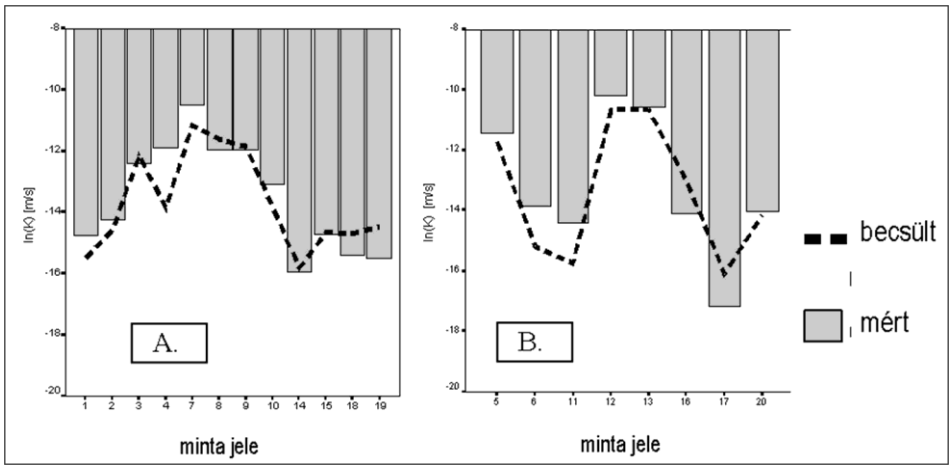
Az így kettéosztott minták esetében az *1. táblázat* adataival végeztük el a (2.) egyenlet szerinti lineáris regresszió analízist (backward elimináció). A regresszió analízis eredményeit a *3. táblázat*ban közöljük.

A táblázat alapján megállapítható, hogy az egyes mintacsoportokon belül a regressziós egyenletek elfogadható pontossággal becslik az olajvezető-képességet (R^2: 0,673-0,783). Megállapítható továbbá, hogy a mechanikai összetétel ismeretén túl a talajok összporozitásának ismerete minden esetben döntő az olajvezetés becslése szempontjából. A talajok kémiai tulajdonságai közül a humusztartalom ismerete kívánatos a megfelelő pontosságú olajvezető-képesség becslés eléréséhez.

A *2. ábra* a különböző aggregáltságú, illetve különböző humusztartalmú talajok esetében a (2.) egyenlet alapján becsült folyadékvezető-képességet mutatja. Az ábrákból kitűnik, hogy a becsült folyadékvezető-képesség jó egyezést mutat a mért folyadékvezető-képességgel.

3. táblázat. Olajvezető-képesség (NAPL vezetőképesség) kapcsolata a talajtulajdonságokkal

Regresszió egyenlet változói **y: K_{NAPL} [m/s]; x_1: (összporozitás [%]/100); x_2: $K_{víz}$ [m/s]; x_3: (agyag [%]/100); x_4: (por [%]/100).**	**R^2**	**n**
1. kis humusztartalmú talajok (humusz % ≤ 0,5%)		
$y = 1{,}82E{+}06 \cdot x_1^{6{,}99} \cdot x_2 \cdot EXP(-18{,}86 \cdot x_3 - 6{,}34 \cdot x_4)$	0,79	202
2. nagy humusztartalmú talajok (humusz % > 0,5%)		
$y = 6{,}63E{-}02 \cdot x_1^{5{,}86} \cdot x_2^{0{,}28} \cdot EXP(16{,}25 \cdot x_3 - 6{,}12 \cdot x_4)$	0,68	188



2. ábra. Eredeti szerkezetű talajok mért és (a 3. táblázat regressziós egyenletei alapján) becsült olajvezető-képessége kis (A) és nagy (B) humusztartalmú talajok esetében

Irodalomjegyzék

Búzás, I. (Ed.), 1993. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv; INDA, Budapest, Hungary,Vol.1-2.

Campbell, G.S., 1985. Soil physics with basic. Development in soil science. 14. Elsevier. Amsterdam.

Makó, A., 1995. Szerves folyadékokkal telített talajok hidraulikus vezetőképessége. I. összehasonlító vizsgálatok. Agrokémia és Talajtan, 44. kötet, p. 181-202.

Makó, A., 2000. The NAPL conductivity of undisturbed soil samples originated from characteristic Hungarian soils. Fifth International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe. September 12-14, 2000. Prague, Czech Republic.

Makó, A., 2005. Measuring the two-phase capillary pressure-saturation curves of soil samples saturated with nonpolar liquids. Communications in Soil Sciences and Plant Analysis. 36. p.439-453.

Soga, K., Kechavarzi, C., Illangasekare, T. H., 2005. Two-dimensional laboratory simulation of LNAPL infiltration and distribution in vadose zone. Journal of Contaminant Hydrology. 76. p. 211-233.

Várallyay, Gy. 1996. Soil pollution management in Hungary. In: McBeam, E.A., Balek, J., Clegg, B. eds. Remediation of soil and groundwater, Opportunities in Eastern Europe, NATO ASI Series 2., Environment, Vol. 17., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht - Boston - London. Part II. II./5, p. 87-112.

Talajerózió és foszforátrendeződési folyamatok térképezése kisvízgyűjtőn

Farsang Andrea – Kitka Gergely – Barta Károly
SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
6720 Szeged, Egyetem u. 2. E-mail: andi@earth.geo.u-szeged.hu

Összefoglalás

Vizsgálatunk során egy környezeti szempontból érzékeny, sekély mélységű tó (Velencei-tó) 14 km^2 nagyságú, mezőgazdasági hasznosítás alatt álló részvízgyűjtőjén végeztünk két méretarányban vizsgálatokat. Mikro-szinten a vízgyűjtőre jellemző lejtőszögű és terület használatú szőlő és búzatáblákon lejtő menti talajerózió modellezést végeztünk, részletes térképezéssel feltártuk a csapadék eseményhez kötődő térbeli foszforátrendeződési tendenciákat, valamint üledékcsapdák kihelyezésével vizsgáltuk egyes csapadékeseményekhez kötődően az elemfeldúsulást (enrichment ratio: ER) az erózióval mozgó szedimentben. Mezo-szinten a vízgyűjtő egészét tekintve modelleztük a talajeróziót Erosion 3D szoftverrel, talajmintavételt és elemzést követően megszerkesztettük a kiindulási tápanyag térképet (AL-P_2O_5), majd ezen alaptérkép és a feldúsulási faktor segítségével modelleztük a vízgyűjtőre az egyes csapadék események hatására bekövetkező tápanyagmozgást.

Az általunk kidolgozott több modellt összekapcsoló eljárás, valamint ahhoz kapcsolódóan a tápanyag mozgási törvényszerűségek feltárása több szempontból hasznos: segítséget jelent a területi tervezésben, az erózió szempontjából optimális területhasználat és művelési módok meghatározásában, vízgyűjtő menedzsmentben.

Summary

On sloping arable lands, it is essential that the use of fertilization be precise, as the movement, and thus loss, of nutrients due to soil erosion is not only useless, but it also greatly contributes to erosion base eutrophication in the area. In our work, we trailed the erosion-caused spatial redistribution of phosphorus in the sub-soils of a 14 km^2 study area within the drainage basin of Lake Velence. On a micro-scale, on two slopes of a vineyard, we measured element redistribution due to rainfall with sediment collectors.

We calculated the enrichment ratio as a quotient of the concentration measured in the subsoil with that in the sediment. On a meso-scale, we determined the amount of soil moving in the study area with the soil erosion model, Erosion 3D, and, after that, we calculated the erosional losses of phosphorus with the help of the initial phosphorus content maps and element ratios. The method can help in area planning and our results may contribute to optimal land use and the introduction of precision agriculture in Hungary.

Bevezetés

A talaj makro- és mikroelem forgalmát mezőgazdaságilag művelt területen számos tényező befolyásolja. A természetes és antropogén légköri és talajképző kőzet eredetű forrásokon túl jelentős bevételi forrást jelent a mezőgazdasági művelés eredményességét célzó tápanyag utánpótlás, valamint a különböző növényvédő szerek alkalmazása. A tápanyag tőke csökkenése elsősorban a termesztett növények tápanyag kivétele, valamint a kilúgozási folyamatok révén következik be. Az intenzív talajművelésnek és nem megfelelő agrotechnikának köszönhetően azonban a talajok tápanyag mérlegében jelentős komponens lehet a horizontális elmozdulás is. Becslések szerint hazánk lejtős területeiről víz által lehordott humuszos feltalaj évi átlagban mintegy 80-110 millió m^3, az ezáltal bekövetkezett szervesanyag- és tápanyagveszteség pedig mintegy 1,5 millió tonna szervesanyag, 0,2 millió tonna N, 0,1 millió tonna P_2O_5 és 0,22 millió tonna K_2O (Várallyay Gy et al. 2005). Mérésekkel bizonyították, hogy Németország területén a talajba juttatott foszfor 31 %-a erózió következtében az élővizekbe jut (Isringhausen, S. 1997, Duttmann, R. 1999). A talaj elemtartalma, annak tér- és időbeli változása tehát nemcsak a növénytermesztés, tápanyagpótlás tervezése számára sarkalatos kérdés. Fontos ennek vizsgálata környezeti szempontból is, különös tekintettel olyan területeken, ahol valamely elemek felhalmozódása, kimosódása, felületi erózióval történő áthalmozása további veszélyeket rejt magában. A felszíni lefolyással lehordott talaj, valamint szervesanyag- és tápanyagtartalmának egy része a szedimentációs területeken halmozódik fel. Más része onnan közvetlenül, vagy a vízhálózat közvetítésével felszíni vizeinkbe jut. Ez egyrészt a vízfolyások, csatornák, tavak, tározók fokozott mértékű feliszapolódásához vezet, korlátozza azok funkcióképességét, fokozza az árvíz és belvíz veszélyt a vízgyűjtőn, másrészt tápanyag és szennyezőanyag terhelést jelent vízkészleteinkre.

A növényi tápanyagok közül a N és a P sorsát, veszteségeit, környezetterhelését kíséri megkülönböztetett figyelem. Az agrár eredetű P-veszteségek miatti aggodalom fő oka a felszíni vizek eutrofizációja. A mezőgazdasági területről a P felszíni elfolyással és a talajszemcsékhez kötötten erózióval kerül a felszíni vizekbe. Környezeti oldalról az egyes P-formák hatása eltérő lehet. Az erodálódó talajrészecskékben megkötött foszfor a felszíni vízig jutva kevésbé felvehető az algák számára, mint az oldható frakció. Ugyanakkor a befogadó vízben végbemenő lassú deszorbciós folyamatok az erodálódott foszfort fokozatosan felvehetővé alakítják. A mezőgazdasági eredetű foszfor környezetvédelmi vonatkozásairól többek között Sisák és Máté (1993), Szabó (1998), Csathó et al. (2003) és Várallyay et al. (2005) közleményei tájékoztatnak.

Annak érdekében, hogy helyes intézkedéseket tegyünk a felszíni vizek P-terhelésének kontrolljában, csökkentésében, ismernünk kell a szennyező területről érkező P-veszteségek mértékét meghatározó folyamatokat, vízgyűjtő

szinten többek között a domborzati viszonyok szerepét, számszerűsíteni kell a P-veszteséget, meg kell határozni e veszteség fő forrásait és útvonalait. A skandináv országokban már a 80-as évekre visszanyúló kutatások foglalkoznak a mezőgazdasági művelés alatt álló kisvízgyűjtők P-veszteségének becslésével *(1. táblázat)*. A P-veszteség mennyiségét a felszíni elfolyás vízmennyiségének és annak P-koncentrációjának segítségével becsülik.

1. táblázat. Az agrár eredetű P-terhelés becsült értékei a skandináv országokban (Várallyay et al. (2005) nyomán)

Ország (1)	**Összes P kg/ha/év (2)**	**Oldható P kg/ha/év (3)**	**Szerző (4)**
Dánia (a)	0,23-0,34	-	Kronvang et al. 1995
	-	0,08	Graesboll et al. 1994
Finnország (b)	0,9-1,8	-	Rekolainen 1989
	-	0,15-0,4	Pietilainen-Rekolainen 1991
Svédország (c)	0,01-0,6	0,01-0,3	SEPA Report 1997
Norvégia (d)	0,7-1,4	-	Ulen et al. 2004

Nagy különbségeket mutatnak az egyes országok becslései az összes P-terhelésből a mezőgazdasági terhelés részarányát tekintve is: Dániában 39%-ra becsülik, Norvégiában 54%, Svédországban 73%, Finnországban 79 % (Várallyay Gy et al. 2005). A P-terhelések nagy különbségei természetesen több tényezőre is visszavezethetők: a talaj P-veszteségét befolyásolja annak feltöltöttségi szintje, az időjárási tényezők (csapadék mennyisége, intenzitása, gyakorisága stb.) a domborzati viszonyok és a művelési mód. Az agrár eredetű nem pontszerű szennyezés részarányát növeli továbbá, hogy a fenti országokban a pontszerű terheléseket (pl. szennyvizek közvetlen felszíni vízbe juttatása) drasztikusan csökkentették. Becslések szerint Magyarországon 10% az agrár P-terhelés aránya (Csathó P. et al. 2003). Ennek oka még mindig a szennyvizek kezelés nélküli közvetlen felszíni vizekbe juttatása, a lakossági terhelés magas részaránya. A jelenlegi, környezetvédelmi szempontból is igen fontos intézkedések (szennyvíztisztítók megépítése, a települések csatornázása) a felszíni vizekbe kerülő P mennyiségének jelentős csökkenését és ezen belül a mezőgazdasági eredetű terhelés arányának növekedését eredményezi majd.

A P-vegyületek vízben gyengén oldódnak, oldat formájában alig mozognak, kilúgozódásuk csekély mértékű. A felszíni vizekbe tehát elsősorban nem oldat formájában, hanem felszíni lefolyással, talajszemcsékhez kötve jutnak (Osztoics E. et al. 2004.). Ebből kiindulva a talaj foszfortartalmát már több korábbi munkában is használták arra a célra, hogy a talajszemcsék térbeli átrendeződését, azaz a talajeróziót kimutassa (Kuron, H. 1953; Duttmann, R. 1999).

Ezen folyamatokat felismerve tűztük ki célul, hogy a Velencei-tó vízminőség alakulásában legnagyobb szerepet játszó Vereb-Pázmándi vízfolyás egy részvízgyűjtőjén, a mintegy 14 km^2 nagyságú Cibulka-patak vízgyűjtőn a talaj tápanyag forgalom horizontális vetületének térbeli változási tendenciáit nyomon kövessük. Az erózióval történő, szemcsékhez kötődő foszfor elmozdulását két méretarányban vizsgáltuk:

- mikro-szinten, egy szőlőművelésű parcella két lejtőjén (mely parcella talajtípusa és lejtésviszonyai a vízgyűjtőn tipikusnak mondhatók) egy-egy csapadékesemény hatására bekövetkező talajerózió mértékét és a foszfor átrendeződését;
- mezo-szinten a 14 km^2 nagyságú vízgyűjtőn az egyes csapadékeseményekhez köthető talajerózió és foszformozgás térbeli változását.

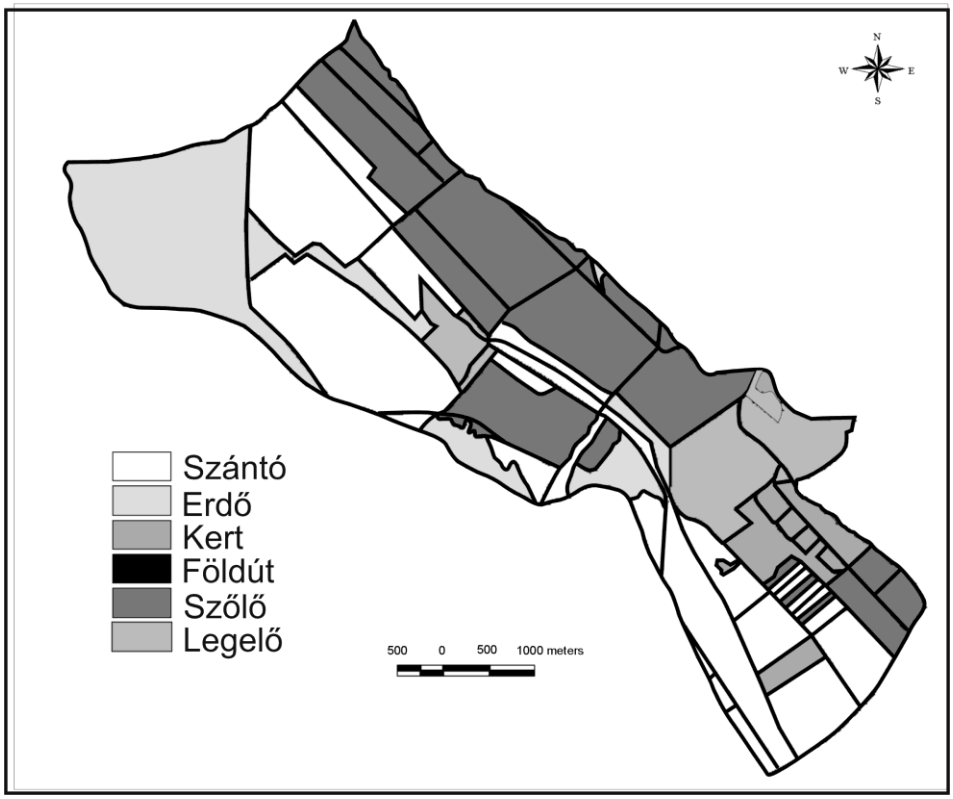
A két különböző nagyságrendben párhuzamosan folyó vizsgálatok célja, hogy a mikro-szinten tapasztalt elemátrendeződési tendenciák alapján mezo-szinten is modellezni tudjuk a talajerózióval elmozduló tápanyagok horizontális változási tendenciáit.

A vizsgálati terület

A vizsgált terület a Velencei-tó vízgyűjtőjén helyezkedik el. A terület éghajlata mérsékelten hűvös-száraz. Az évi középhőmérséklet 9,5-9,8 ^0C, a csapadékmennyiség 550-600 mm, melynek 50-55 %-a a nyári félévben hull gyakran igen heves zivatarok formájában.

A vízgyűjtőt mind kőzettanilag, talajtanilag, mind pedig területhasználat szempontjából nagy változatosság jellemzi. A talajképző kőzet a magasabb térszíneken gránit és andezit, míg a lejtőoldalakat és a völgytalpat lösz fedi. A lösszel borított térszíneken elsősorban közepesen erodált csernozjom talajokat találunk. Az alacsonyabb térszíneken kisebb foltokban jelenik meg a réti csernozjom, valamint a lejtőhordalék talaj. A feltalaj kémhatása gyengén lúgos, a pH 7,21-8,5 közötti. A gránit és andezit térszíneken váztalajok, kőzethatású talajok és gyenge minőségű barna erdőtalajok a jellemző talajtípusok.

A gránit és andezit térszíneken a természetes tölgyesek mellett akácosokat, gyenge minőségű legelőket találunk. A csernozjom jellegű talajokon a szántóföldi művelés (búza, kukorica, napraforgó, repce), szőlőültetvény és gyümölcsös a jellemző területhasználati forma *(1. ábra)*.



1. ábra. Területhasználati térkép

Módszerek

Terepi és laboratóriumi vizsgálatok

A vízgyűjtőterület és a mintaparcella feltalajának részletes mintázása és a minták laboratóriumi elemzése több ütemben zajlott (Farsang A. & Barta K. 2005). A vízgyűjtő talajának mintázása a kiindulási foszfortérkép elkészítéséhez 2001-ben 32 ponton átlagminta képzésével a talaj felső 10 cm-éből történt. A mintaparcellán 2004. márciusában két lejtőszegmens esetében lejtőirányban mintegy 350 m hosszan 25 m-enként üledékcsapdákat helyeztünk el, mely csapdákat csapadékeseményenként azóta mintázunk. Célunk a lejtők menti erózió vizsgálata, valamint a lemosódott üledék és az üledékgyűjtő környezetében gyűjtött talajminták (felső 0-10 cm-ből átlagminta) felvehető foszfortartalmának (AL-P_2O_5), humusztartalmának és fizikai összetételének összehasonlítása, illetve feldúsulási faktor (enrichment ratio: ER) számolása (Duttmann, R. 1999, Boy, S. & Ramos, M. C. 2002). Az üledékcsapdákban felhalmozódó üledéket, illetve az üledékcsapda környéki feltalajt az egyes

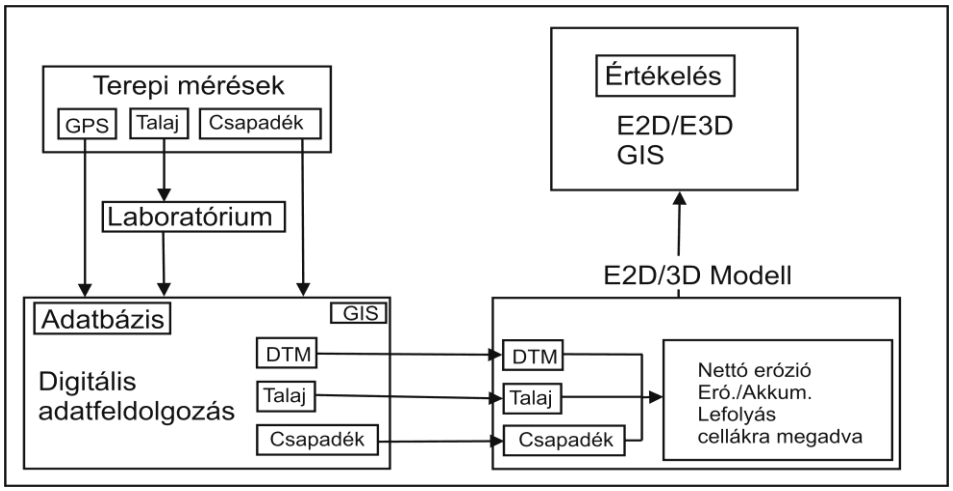
csapadék eseményeket követően gyűjtjük. A homogenizált átlagmintákból leiszapolható rész (<0,02 mm) elemzést, szervesanyag vizsgálatot, valamint AL-P_2O_5 vizsgálatot végeztünk. Az erózióval mozgó üledékben dúsuló szervesanyag (SZ.A.), agyag és iszap frakció, valamint foszfortartalom arányának meghatározására feldúsulási faktorokat az alábbiak szerint számoltuk:

$$ER_{elem} = \text{elemkoncentráció}_{szedim.} / \text{elemkoncentráció}_{talaj}$$
$$ER_{agyag} = \text{agyagtartalom}_{szedim.} / \text{agyagtartalom}_{talaj}$$
$$ER_{SZ.A.} = \text{SZ.A. tartalom}_{szedim.} / \text{SZ.A. tartalom}_{talaj.}$$

A vizsgálatokat a hatályos Magyar Szabványok szerint végeztük (BUZÁS I. 1988). A tápanyagtartalom vizsgálata a növények által felvehető hányadra vonatkozott, a mérés ammónium-laktát (AL) ecetsavas kivonatból ICP Thermo Jarell Ash ICAP 61E készülékkel történt (BUZÁS I. 1988).

A talajerózió és a foszforelmozdulás modellezése

A talajerózió meghatározásához (10x10 m-es pixelekre akkumuláció és talajveszteség, illetve nettó erózió) a Németországban kifejlesztett talajeróziót becslő modellt, az Erosion 2D/3D-t használtuk (Michael, A. 2000, Schmidt, J. 1996, Schmidt, J. et al. 1999). A modellhez szükséges adatokat számítógépen dolgoztuk fel GIS környezetben előkészítve a modellbe való betápláláshoz. 3 fajta bemeneti (input) adatot kér a modell, ezek a csapadékadatok, a domborzati, illetve talajtani jellemzők. A terepi mérések eredményeit digitális állományokká alakítottuk. Az ArcView 3.2-es verziójával készítettük el a digitális térképeket, amelyeket griddekké alakítva, biztosítva volt az átjárhatóság ASCII file formátumban az ArcView 3.2 és az Erosion 2D/3D között (2. *ábra*).
A domborzati paramétereket az analóg 1:10.000-es topográfiai térképek digitalizálásából és terepi GPS felmérések eredményeiből generált digitális terepmodellből nyertük, amelynek felbontása 10 méteres.
A 8 db talajparaméter (*2. táblázat*) értékeit terepi mérések, illetve mintavételezések és az azt követő laboratóriumi vizsgálatok eredményeként adtuk meg. Digitalizálva az adatokat, minden egyes paraméter értékeit önálló gridként importáljuk a modellbe, ahol azt a modell egy összetett, úgynevezett talajállománnyá állítja össze.



2. ábra. Az adatfeldolgozás és a modellezés menete

2. táblázat. Az E3D modell bemeneti és kimeneti paraméterei

	Bemeneti paraméterek (1)	**Kimeneti paraméterek (2)**
Relief	digitális terepmodell (c)	
	Manning-féle n ($s/m^{1/3}$) (d)	
	korrekciós faktor (e)	nettó erózió(t/ha) (k)
Talaj (a)	szemcseösszetétel (9 osztály) (f)	erózió/akummuláció (kg/m^2) (l)
	szervesanyag (m/m%) (g)	erózió (kg/m^2) (m)
	talajkohézió (N/m^2) (h)	
	térfogattömeg (kg/cm^3) (i)	
Csapadék (b)	intenzitás (mm/10min) (j)	

A modellezés eredményeként kapott nettó erózió térkép, a kiindulási tápanyagtartalom térkép és a feldúsulási faktorok ismeretében az alábbi lépésekkel jutottunk el a vízgyűjtőn erózióval elmozduló tápanyagtartalom térképezéséhez:

1. Kiindulási tápanyag térképek elkészítése (mg/kg)
2. Feldúsulási faktorok mérése, számítása
3. Talajerózió modellezése (E3D) (kg/m^2)
4. A szedimenttel mozgó elemtartalom számítása:

$$\text{foszforkoncentráció}_{szedim}\,(mg/kg) = ER_{foszfor} * \text{foszfortartalom}_{\text{eredeti feltalaj}}$$

5. Foszforveszteség/-felhalmozódás (mg/m^2):

$$\text{talajerózió/-felhalmozódás}\,(kg/m^2) * \text{foszforkoncentráció}_{szedim}\,(mg/kg)$$

Eredmények

Talajjellemzők

A vízgyűjtő talajának fizikai félesége vályog, homokos vályog. A leiszapolható frakció aránya a terület különböző pontjain igen változatos képet mutat, 25-79% között változik. A feltalaj szervesanyag tartalma 0,2-4,8%. Az extrém alacsony értékek az erodált területeken találhatók. A talaj tápanyagtartalma alacsony (Farsang A. & M. Tóth T. 2003), a feltalaj AL-oldható P-tartalma 60-120 mg/kg között változik a területen. A szőlő területeken az 1990-ben történt telepítéskor történt tápanyagfeltöltés óta nem volt tápanyagpótlás. A szántóterületeken a tápanyagtartalom szinten tartása az elsődleges cél, elsősorban nitrogén és foszfor műtrágyát helyeznek ki.

A talajerózió modellezése Erosion 2D/3D-vel

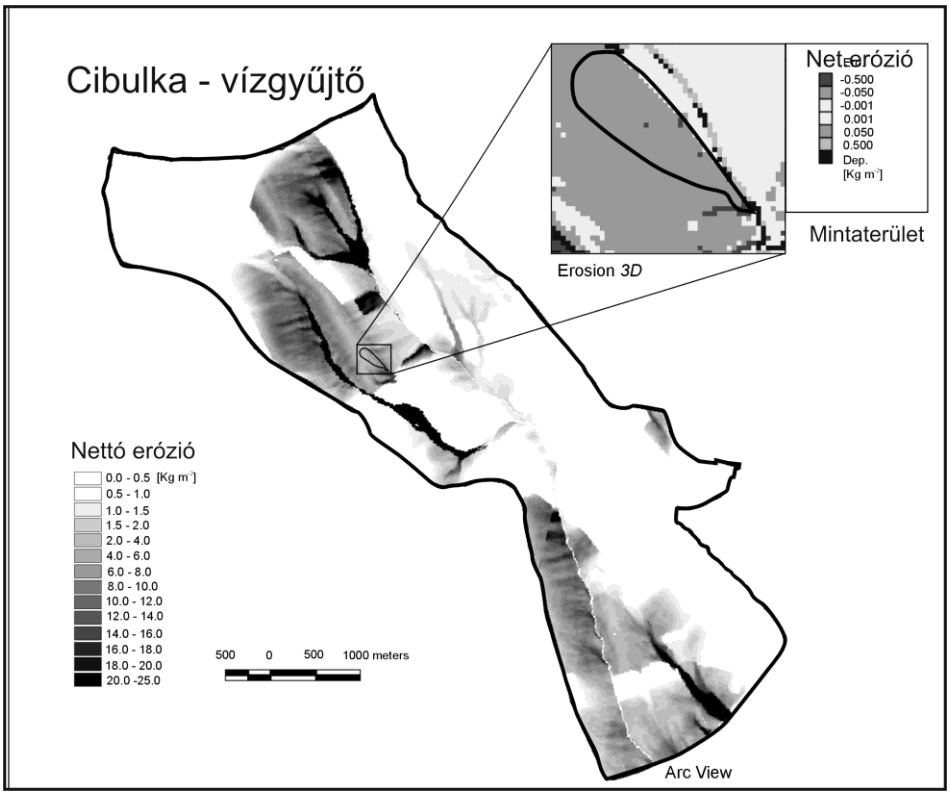
2004-ben végzett eróziós vizsgálataink során két kiemelkedően erozív csapadékeseményt regisztráltunk. E két esemény mindegyike igen jelentős talaj- és tápanyagveszteséget okozott a vizsgált területen. Az Erosion 2D/3D validálását a 2005-ös, rendkívül csapadékos nyár két nagy zivatarának segítségével végeztük el. A vizsgált négy csapadékesemény alapadatain kívül az átlagos intenzitást, a maximális intenzitást és a félórás maximális intenzitást (I_{30}) tüntettük fel a 3. *táblázat*ban.

3. táblázat. A négy vizsgált erozív csapadékesemény adatai
Table 3. The four studied erosive rainfall events

	Dátum (1)	Időtartam (min) (2)	Lehullott csapadék (3)	Csapadékintenzitás (mm/h) (4)		
				Átlag (5)	Maximum	I_{30} (6)
1.	2004. 06. 06.	60	8,9 mm	8,9	16,8	9,5
2.	2004. 06. 24.	180	18 mm	6	31,2	28,6
3.	2005. 07. 11.	120	25,3 mm	12,65	45	37,8
4.	2005. 07. 20.	100	10,7 mm	6,42	36	18

(1) – date, (2) – duration, (3) – rainfall, (4) – rainfall intensity, (5) – average value, (6) – maximum 30 minute intensity

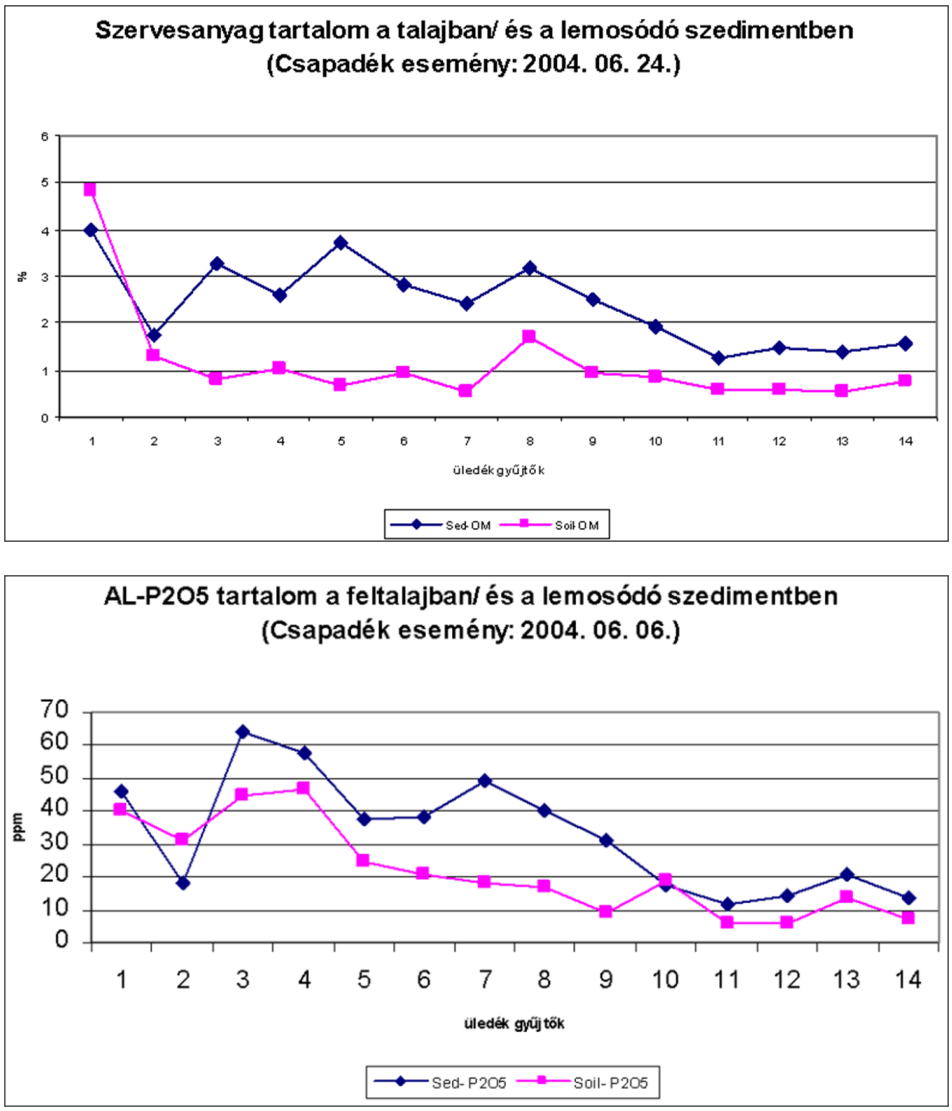
Az Erosion 3D alkalmazásával lehetővé vált a tápanyagmozgás vízgyűjtő szintű elemzése *(3. ábra).* Eróziós szempontból egyértelműen a szántóterületek tűnnek kritikusnak, míg a szőlők jóval alacsonyabb eróziós rátát mutatnak. A földutak víz- és hordalékszállító szerepe is kirajzolódik. A vizsgált csapadék események hasonló mintázatot eredményeztek a vízgyűjtőn. Míg a 2004. 06. 06-i eső által okozott areális erózió 1-2 kg/m^2 alatt marad, addig a június 24-i zivatar hatására a fejletlen lineáris vízhálózattal rendelkező területeken is 2-6 kg/m^2 lehordódást tapasztalhatunk.



3. ábra. Talajerózió a vízgyűjtőn a 2004. 06. 24-i csapadék esemény hatására
Figure 3. Modeled soil erosion affected the rainfall event on 24th June 2004

A szedimenttel mozgó foszfortartalom, feldúsulási faktorok

A mintaparcellán két lejtő mentén egyenként 14, illetve 12 üledékcsapdával végzett kísérleteink alapján az alábbi megállapítások tehetők *(4. ábra)*:
Minden vizsgált paraméter tekintetében elmondható, hogy a talajban mért koncentrációt meghaladó koncentrációt mértünk a lemosódó szedimentben. Az adott talajtípus és lejtőviszonyok mellett az erózióval mozgatott üledékben a helyben található talajtípushoz képest ER = 2,1-szeres szervesanyag feldúsulás és átlagosan ER = 1,2-szeres agyagfeldúsulás jellemző. A P_2O_5 is jelentős mértékben (ER = 1,9) dúsul. A feltalaj erózióval mozgó foszfortartalmának jelentős hányada a szediment humusz- és agyagkolloidjaihoz abszorbeálva mozdul el. Erre utal az is, hogy az üledék szervesanyag és leiszapolható rész tartalmával egyes elemek koncentrációja szignifikáns korrelációt mutat. A szervesanyag tartalom és az AL-P_2O_5 tartalom szignifikáns pozitív korrelációt mutat, a korrelációs koefficiens értéke 0,78 (0,01-es szignifikancia szinten).



4. ábra. Szervesanyag tartalom és foszfáttartalom alakulása a talajban és az elmozduló üledékben

Figure 4. Organic matter and phosphorus content in the soil and in the sediment

A vízgyűjtőre csapadékeseményenként számolt nettó erózió (kg/m^2) és a kiindulási foszforeloszlási térkép (mg/kg), valamint a mintaparcellán számolt feldúsulási faktorok segítségével elkészítettük az egyes csapadékeseményekhez tartozó foszforelmozdulás térképet (mg/m^2) *(5. ábra).* Két erózióveszélyes és a tápanyag kimosódására is érzékeny területrész körvonalazódik, az egyik a vízgyűjtő ÉNy-i részének nagy reliefű szántó területein (kukorica, őszi búza), a

másik pedig a mintavételi parcellával is jellemzett intenzív szőlőművelés alá vont területrészeken. A foszforveszteség térképet vizsgálva megállapítható, hogy annak térbeli alakulását nem a kiindulási tápanyag térképben fellelhető különbségek határozzák meg. Jól felismerhetők rajtuk az eróziónak leginkább kitett gerincek, a legtöbb mozgó szedimentet levezető vízmosások, árkok, utak. Ezek jelentik a foszformozgás legjelentősebb csatornáit is. Ezen térrészeken a nettó erózió elérheti a 14-18 kg/m^2 -es értéket is *(4. táblázat)*. Az AL-P_2O_5 lemosódás főként a környező területeknél magasabb foszfortartalommal rendelkező szántókon jelentős. A vízgyűjtő É-i és DNy-i részén található két szántóterület a leginkább veszélyes a tápanyagvesztés szempontjából. Az általunk mért P lemosódási értékeket (P = P_2O_5 * 0,4364) a Balaton vízgyűjtőjére számolt 1,5-18,7 kg P/ha/év értékekkel (Debreczeni B. 1987) vetettük össze. 2004-ben saját csapadékmérési adataink alapján 14 erozív csapadék volt a területen, ebből 8 esemény a május-június hónapokra esett. Vízgyűjtőnkön ez évben a lemosódó P-tartalom 0,02 – 4,44 kg/ha között változott.

4. táblázat. A vízgyűjtő feltalajának szemcséhez kötődő AL-P_2O_5 elmozdulási értékei két csapadékesemény alkalmával (mg/m^2)

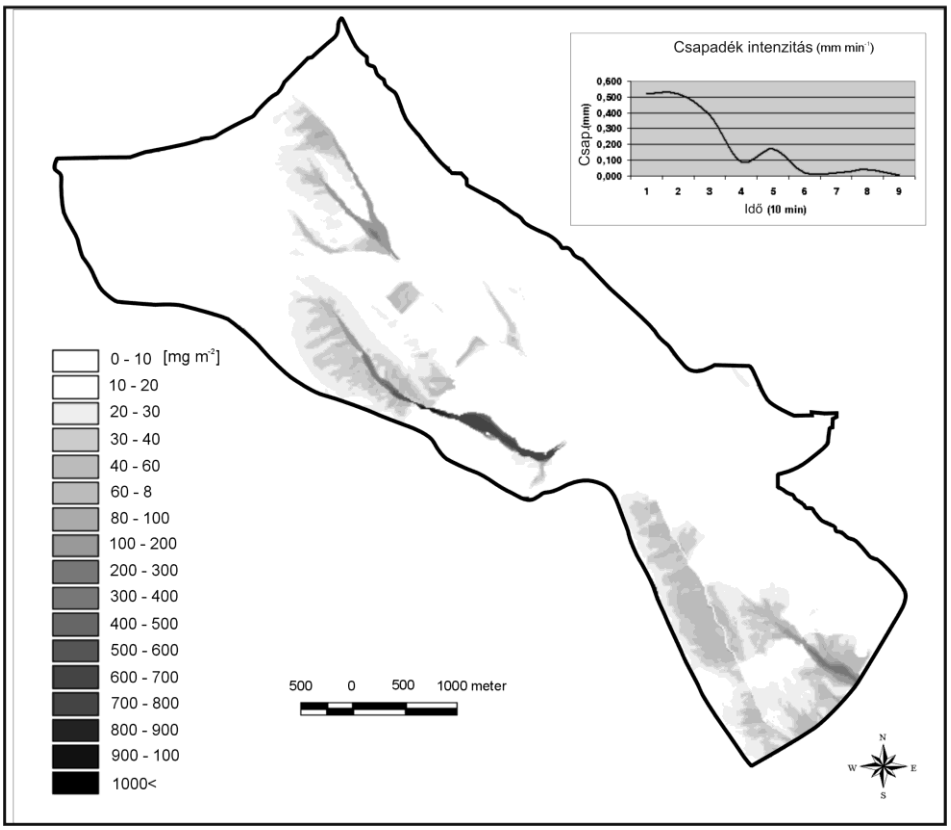
Table 4. Examples for the AL-P_2O_5 movement connected with soil particles

	2004.06.06.			2004.06.24.		
	Maximum	Átlag (1)	SD (2)	Maximum	Átlag (1)	SD (2)
AL-P_2O_5 (mg/m^2)	408,1	5,5	20,6	1017	15,0	55,3

(1) – average value (2) – standard deviation

Összegzés

Vizsgálatunk során egy környezeti szempontból érzékeny, sekély mélységű tó (Velencei-tó) részvízgyűjtőjén végeztünk két méretarányban vizsgálatokat. A részvízgyűjtőre jellemző lejtőszögű és területhasználatú szőlőtáblákon vizsgálataink célja kettős volt: lejtő menti eróziómodellezést végeztünk az Erosion 2D szoftver segítségével, valamint üledékcsapdák kihelyezésével vizsgáltuk az egyes csapadékeseményekhez kötődően a foszfor feldúsulását (ER) az erózióval mozgó szedimentben. A részvízgyűjtő egészét tekintve (14 km^2) modelleztük a talajeróziót Erosion 3D szoftverrel, talajmintavételt és elemzést követően megszerkesztettük a kiindulási tápanyag térképet (AL-P_2O_5), majd ezen alaptérkép és az elemekre számolt feldúsulási faktor (ER) segítségével modelleztük a részvízgyűjtőre az egyes csapadékesemények hatására bekövetkező foszformozgást.



5. ábra. A feltalaj AL-P_2O_5 tartalmának elmozdulása 2004. 06. 24-i csapadékeseményhez kötődően (mg/m^2)

Figure 5. Movement of the topsoil AL-P_2O_5 content on 24 June 2004

Vizsgálataink eredményeként megállapítható, hogy a lejtő mentén kihelyezett üledékcsapdás elemzéseink szerint a szervesanyag tartalom esetében ER=2,1-szeres, míg a leiszapolható rész esetében csupán átlagosan ER=1,2-szeres feldúsulás jellemző. A P_2O_5 is jelentős mértékben (ER = 1,9) dúsul. A feltalaj erózióval mozgó foszfortartalmának jelentős hányada a szediment humusz- és agyagkolloidjain abszorbeálva mozdul el. A szervesanyag tartalom és az AL-P_2O_5 tartalom szignifikáns pozitív korrelációt mutat, a korrelációs koefficiens értéke 0,78 (0,01-es szignifikancia szinten).

A tápanyagveszteség térképeket vizsgálva megállapítható, hogy annak térbeli alakulását nem a kiindulási tápanyagtérképben fellelhető különbségek határozzák meg, azt felül rajzolják a jellemző eróziós viszonyok. Az AL-P_2O_5 lemosódás főként a környező területeknél magasabb foszfor tartalommal rendelkező szántókon jelentős. Az átlagos AL-P_2O_5 kimosódás a vizsgált két csapadékeseménynél 5,5 – 15 mg/m^2.

Kisvízgyűjtő szinten a foszfor mozgási törvényszerűségeinek feltárása több szempontból is hasznos: segítséget jelent a területi tervezésben, az erózió szempontjából optimális területhasználat és művelési módok meghatározásában. A precíziós mezőgazdaság elterjedésével, a megfelelő mennyiségű tápanyag kijuttatásához inputként szolgáló statikus tápanyag térképeken túl ún. „dinamikus adatként" a feltalaj tápanyag tartamának elmozdulását is bevonhatjuk a tervezésbe.

Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatok az OM által támogatott FKFP 0203/2001., valamint az OTKA F-37552 nyilvántartási számú kutatási programok terhére történtek.
Köszönet az EDECK Kft. (Etyek) és az Agromark 2000 Rt. (Pázmánd) vezetőségének és munkatársainak, amiért eróziós kísérleteinkhez a területek használatát lehetővé tették.

Irodalom

Boy, S. & Ramos, M. C., 2002. Metal enrichment factors in runoff and their relation to rainfall characteristics in a mediterranean vineyard soil. SUMASS 2002. Murcia, Proceedings Volume II. 423-424.

Buzás I. (szerk.), 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 243.

Csathó P., Osztoics E., Sárdi K., Sisák I., Osztiocs A., Magyar M. & Szűcs P., 2003. A mezőgazdasági területekről a felszíni vizekbe kerülő foszforterhelések I. Foszforforgalmi vizsgálatok értékelése. Agrokémia és Talajtan **52** (3-4). 473-486.

Debreczeni B., 1987. A magyar mezőgazdaság NPK mérlege. Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle (2-3). 150-153.

Duttmann, R., 1999. Partikulare Stoffverlagerungen in Landschaften Geosyntesis **10**. 233.

Farsang A. & M.Tóth T., 2003. Spatial distribution of soil nutrient in a cultivated catchment area: estimation using basic soil parameters 4th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, Italy, 2003. Proceedings Book. 154-156.

Farsang A. & Barta K., 2005. Talajerózió hatása a feltalaj makro- és mikroelem tartalmára. Talajvédelem. Special Issue. Talajtani Vándorgyűlés, Kecskemét 2004. augusztus 24-26. 268-277.

Graesboll, P., Erfurt, J., Hansen, H. O., Kronvang, B., Larsen, S. E., Rebsdorf, A. & Svensen, L. M., 1994. Vandmiljoplanens Overvagningsprogram 1993. Ferske vandom-rader, vandlob og kilder, Faglig Rapport fra Danmarks Miljoundersogelser **119**. 186.

Isringhausen, S., 1997. GIS-gestützte Prognose und Bilanzirung von Feinboden und Nahrstoffaustragen in einem Teileinzugsgebiet der oberen Lamme in Südniedersachsen Diplomarbeit, Universitat Hannover. 34-42.

Kronvang, B., Grant, R., Larsen, L. M. & Kristensen, B., 1995. Non-point source nutrient losses to the aquatic environment in Denmark: Impact of agriculture. Marine Freshwater Res. **46**. 167-177.

Kuron, H., 1953. Bodenerosion und Nahrstoffprofil. Mitteil. Aus d. Inst. F. Raumforschung, H. **20.** Bonn-Bad Godesberg. 73-91.

Michael, A., 2000. Anwendung des physikalisch begründeten Erosionsprognosemodells Erosion 2D/3D - empirische Ansätze zur Ableitung der Modellparameter. Ph.D arbeit, Universität Freiberg.

Osztoics E., Csathó P., Sárdi K., Sisák I., Magyar M., Osztoics A. & Szűcs P., 2004. A mezőgazdasági területekről a felszíni vizekbe kerülő foszfor terhelések II. Agrokémia és Talajtan **53**. 165-181.

Pietilaninen, O. P. & Rekolaines, S., 1991. Dissolved reactive and total P load from agricultural and forested basins to surface waters in Finland. Aqua Fennica **21**. 127-136.

Rekolainen, S., 1989. Phosphorus and nitrogen laod from forest and agricultural areas in Finland. Aqua Fennica **19**. 95-107.

Schmidt, J., 1996. Entwicklung und Anwendung eines physikalisch begründeten Simulationsmodells für die Erosion geneigter landwirrtschaftlicher Nutzflächen. Berliner Geogr. Abhandlung.

Schmidt, J., Werner, M. V. & Michael, A., 1999. Application of the EROSION 3D model to the CATSOP watershed, The Nederlands. Catena **37**. 449-456.

SEPA, 1997. Losses of Phosphorus from Arable Land. SEPA Swedish Environmental Protection Agency Report No 4731. Stockholm, Sweden. 78.

Sisák I. & Máté F., 1993. A foszfor mozgása a Balaton vízgyűjtőjén. Agrokémia és Talajtan **42** (3-4). 257-269.

Szabó L. (szerk.), 1998. Növénytermesztés és a környezet. Tan-Grafix Kiadó, Budapest. 381.

Ulen, B., Carlsson, C. & Lidberg, B., 2004. Recent trends and patterns of nutrient concentrations in small agricultural streams in Sweden. Environmental Monitoring Assessment **98** (1-3). 307-322.

Várallyay Gy., Csathó P. & Németh T., 2005. Az agrártermelés környezetvédelmi vonatkozásai Magyarországon. In: A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok (szerk: Kovács G. & Csathó P.). MTA TAKI Budapest, 2005. 155-188.

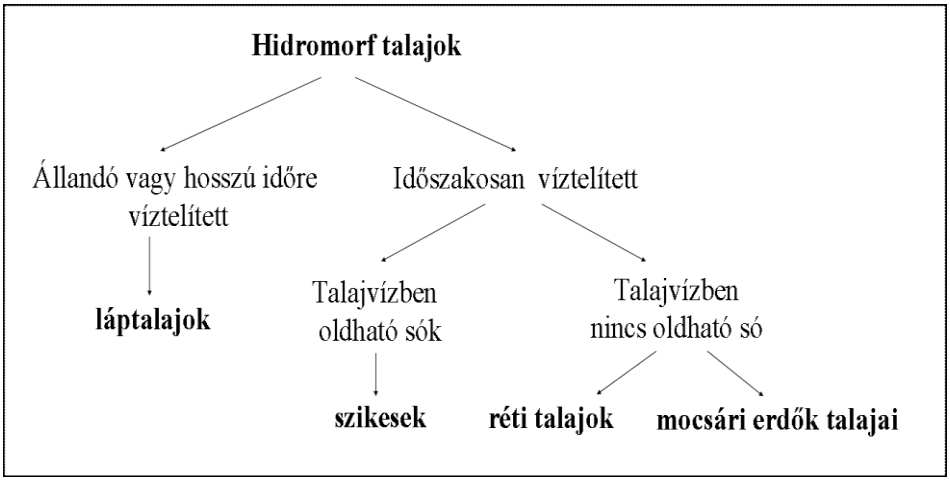
A hazai hidromorf talajok osztályozásának és nemzetközi megfeleltetésének kérdései

Fuchs Márta – Waltner István – Michéli Erika
Szent István Egyetem, Talajtani és Agrokémiai Tanszék, Gödöllő

Bevezetés

Az azonális talajok közé tartozó hidromorf talajaink közös jellemzője, hogy képződésüket és fejlődésüket időszakos felületi vízborítás, vagy közeli talajvíz okozta víztöbblet határozza meg. Hazai, genetikai és talajföldrajzi osztályozási rendszerünk négy hidromorf főtípust különít el az osztályozás legmagasabb szintjén: réti talajok, szikes talajok, láptalajok, és a mocsári erdők talajai (1. ábra).

Jelen munkánk keretében bemutatjuk a hidromorf talajaink osztályozási problémáit, és javaslatot teszünk osztályozásuk fejlesztésére.



1. ábra. A hidromorf talajok képződését meghatározó tényezők felosztása

Anyag és módszer

A hidromorf talajok egymástól, és más osztályozási egységektől való elkülönítését szolgáló definíciók és határértékek bemutatása a jelenlegi dokucsajevi elveken nyugvó, genetikai szemléletű talajföldrajzi osztályozási rendszerünk (Máté, 1955; Máté, 1960; Szabolcs, 1966; Stefanovits, 1972; Baranyai et al., 1989; Stefanovits et al., 1999), a megfeleltetés pedig napjaink nemzetközi korrelációs osztályozási rendszereként használt, diagnosztikai szemléletű Világ Referencia Bázis (WRB) alapján történt (FAO/ISRIC/ISSS, 2006). A genetikai talajszintek, és a genetikai talajszintekhez tartozó

másodlagos tulajdonságokat jelző indexek jelölésére a FAO útmutató (FAO, 2006) által meghatározott egyezményes jeleket használtuk.

A hazai talajosztályozási rendszerünk genetikai, mert a talajokat fejlődésükben vizsgálja, talajföldrajzi, mert a földrajzi törvényszerűségeket szem előtt tartva különíti el az egységeket. Az egyes osztályozási egységek elhatárolásának alapja a talajon felismerhető bélyegek segítségével megállapított *folyamattársulás,* mely a talaj kialakulása óta fellépő anyag- és energiaátalakulási folyamatok összességét foglalja magában (Stefanovits et al., 1999).

Az utóbbi évtized tudományos eredményei, a megváltozott társadalmi és gyakorlati igények, valamint a globális harmonizációs törekvések hatottak az osztályozási rendszerekre. Új, szigorúbb definíciókra és számszerű adatokra épülő diagnosztikai szemlélet jelent meg a modern talajosztályozási rendszerekben.

A diagnosztikai szemléletű rendszerekben az egyes osztályozási egységek felismerése és meghatározása így jól meghatározott fogalmakon, úgynevezett diagnosztikai kategóriákon, vagyis diagnosztikai talajszinteken, tulajdonságokon és diagnosztikai talajanyagokon alapul. A talajok határozó kulcs segítségével történő besorolása pedig e szintek, tulajdonságok, anyagok, jelenléte, sorrendje esetleg hiánya alapján történik (FAO/ISRIC/ISSS, 2006).

Eredmények és megvitatás

Réti talajaink más osztályozási egységektől való elkülönítése víztöbblet hatására bekövetkező morfológiai bélyegek alapján történik. Az anaerob körülmények jellegzetes, fekete humuszanyag képződést, az ásványi részek redukcióját és glejesedést okoznak. A vízhatásra megjelenő hidromorf bélyegek definíciójának, mélységbeli megjelenésének és eloszlásának határértékekkel történő pontos meghatározása azonban hiányos, megnehezítve a főtípus más osztályozási egységektől történő objektív elkülönítését, és nemzetközi osztályozási rendszerekkel való megfeleltetését (1. táblázat).

1. táblázat. Réti talajtípusok, gyakori talajszintjeik és lehetséges korrelációjuk a WRB-vel

Réti talajtípusok	**Gyakori genetikai talajszintek* (FAO, 2006)**	**Gyakori genetikai talajszinteknek megfelelő WRB diagnosztikus kategóriák**	**Lehetséges referencia csoportok (WRB, 2006)**	**Gyakori minősítők (WRB, 2006)**
Szoloncsákos réti talaj	Ah Blz(k) Crz(k)	Salic, Mollic Cambic, Calcic, Vertic Gleyic és Stagnic talajtulajdonság	Solonchaks Cambisols Gleysols	Gleyic, Mollic, Salic, Calcic
Szolonyeces réti talaj	Ah Bln(k) Crn(k)	Mollic, Sodic, Calcic, Vertic, Gleyic és Stagnic talajtulajdonság	Cambisols Vertisols Gleysols	Mollic, Natric, Calcic, Sodic, Gleyic
Típusos réti talaj	Ah Bkl Cr(k)	Mollic, Vertic Calcic, Cambic Gleyic talajtulajdonság	Phaeosems Chernozems Vertisols Cambisols	Mollic, Gleyic, Calcic, Vertic
Öntés réti talaj	Ah B 2Bl(k) 3Cr(k)	Mollic, Calcic, Fluvic talajanyag, Gleyic talajtulajdonság	Fluvisols Phaeozems	Fluvic, Gleyic, Mollic, Calcaric
Lápos réti talaj	Ah Bl Cr(k)	Calcic, Mollic Gleyic talajtulajdonság	Gleysol Chernozem Phaeozems	Gleyic, Calcaric
Csernozjom--réti talaj	Ah Bl(k) Cr(k)	Mollic, Calcic, Cambic Gleyic talajtulajdonság	Chernozems	Gleyic, Calcic

*A genetikai talajszintekhez tartozó másodlagos tulajdonságokat jelző indexek (FAO, 2006):
l – talajvízglejglej, h – szervesanyag felhalmozódás, k – karbonátfelhalmozódás, n – nátrium felhalmozódás, r – erős redukció, z – gipsznél jobban oldódó sók felhalmozódása

Az osztályozás második szintjen hat réti talajtípust különítünk el. A *szoloncsákos és szolonyeces réti talajokban* a réti talajképző folyamatokhoz kismértékű szikesedés társul. A sótartalom és az ennek következtében megjelenő morfológiai bélyegek pontos meghatározásának hiánya átfedéseket eredményezhet a szikes főtípus talajaival. Az *öntés réti talajok* öröklött öntésbélyegekkel rendelkeznek, ezek mélységbeli megjelenése azonban nem definiált, így a réti öntés talajoktól való elkülönítés szubjektív.

A *lápos réti talajok* képződésében a láposodás is szerephez jutott, de a humusztartalomra vonatkozó határértékek átfedése, és az irodalmi források különbségei miatt elkölönítésük nem objektív. A már hosszabb ideje vízhatástól mentes *csernozjom-réti talajok* elkülönítése a réti csernozjom talajoktól szintén a hidromorf bélyegek (definíció, mélységbeli megjelenés és eloszlás) nem egyértelmű meghatározása miatt válik szubjektívvé.

Az osztályozás alacsonyabb szintjein (altípus és változat) az osztályozási egységek elkülönítése a másodlagos karbonátok és vízoldható sótartalom jelenléte és eloszlása alapján történik. A pontos definíciók és határértékek hiánya, illetve az irodalmi források különbségei itt is megnehezítik az egyes egységek objektív elkülönítését és a korrelációt.

A nemzetközi korrelációs osztályozási rendszerként használt WRB a felszínközeli talajvíz hatására kialakult talajok elkülönítését a reduktív körülményeket jelző ún. „gleyic" talajtulajdonság definíciójának kielégítéséhez, és pontos mélységbeli megjelenéséhez köti. A „Gleysols"-nak nevezett talajok esetében a felszíntől számított 50 cm-en belül a talaj egyes részei reduktív tulajdonságúak és a talajtérfogat legalább felében glejes foltosság tapasztalható. A „Gleysols"-oknál fejlettebb talajok reduktív bélyegek megjelenése esetén „gleyic" minősítővel jellemezhetőek az osztályozás alacsonyabb szintjein.

Réti talajaink nagy része kielégíti a WRB osztályozási rendszer első szintjén elkülönített „Vertisols" talajok követelményeit, míg a jelenlegi magyar rendszerben a nagy, legtöbbször szmektites agyagtartalommal rendelkező duzzadó-zsugorodó talajok különböző taxonómiai egységekbe sorolnak ki, az agyagtartalom jelzése nélkül (Micheli et al., 2005). E talajok nagymértékben eltérő, legfontosabb tulajdonságai (morfológiai bélyegek, fizikai, kémiai és nedvességgazdálkodási, sőt művelési tulajdonságaik is) a nagy duzzadó agyagtartalommal kapcsolatosak, és szükségessé tennék az ilyen típusú talajoknak az osztályozás valamely szintjén való elkülönítését (Fuchs et al., 2005).

Szikes talajaink esetében a felszínközeli talajvíz magas vízben oldható sótartalommal párosul. Hazai osztályozási rendszerünkben a vízben oldható sók mennyisége, a sófelhalmozódás mélysége, és a sófelhalmozódás jellege is jól meghatározott, így e talajaink felismerése és besorolása főtípus szinten problémamentes. A nemzetközi rendszerekkel történő megfeleltetés azonban az eltérő határértékek és módszerek alkalmazása következtében nem mindig egyértelmű (2. táblázat).

2. táblázat. Szikes talajok, gyakori talajszintjeik és lehetséges korrelációjuk a WRB-vel

Szikes talajtípusok	**Gyakori genetikai talaj-szintek* (FAO, 2006)**	**Gyakori genetikai talajszinteknek megfelelő WRB diagnosztikus kategóriák**	**Lehetséges referencia csoportok (WRB, 2006)**	**Gyakori minősítők (WRB, 2006)**
Szoloncsák	Az Czl 2Czl 3Czrk	Salic, Calcic Gleyic talajtulajdonság	Solonchaks Vertisols	Gleyic, Calcic, Salic
Szoloncsák-szolonyec	Ah Bnl(k) Cr(k)	Cambic, Salic, Vertic, Argic, Calcic Gleyic talajtulajdonság	Solonchaks Vertisols	Salic, Sodic, Gleyic, Calcic, Vertic
Réti szolonyec	Ah E Btn (Bnhl) Crk	Mollic, Natric, Calcic, Vertic Gleyic talajtulajdonság	Solonetz Vertisols	Sodic, Gleyic, Vertic, Mollic, Calcic
Sztyeppesedő réti szolonyec	Ah Bt Bk Cln	Mollic, Argic, Natric, Calcic, Vertic Gleyic talajtulajdonság	Chernozems Vertisols	Gleyic, Mollic, Sodic
Másodlagosan szikesedett talaj	Az eredeti talajtípusnak megfelelően, a szikesedés figyelembevételével			

*A genetikai talajszintekhez tartozó másodlagos tulajdonságokat jelző indexek (FAO, 2006):
l – talajvízglejglej, h – szervesanyag felhalmozódás, k – karbonátfelhalmozódás, n – nátrium felhalmozódás, r – erős redukció, t- agyagfelhalmozódás, z – gipsznél jobban oldódó sók felhalmozódása

Javasoljuk a WBR-ben, és az általános gyakorlatban alkalmazott módszerek és határértékek bevezetését a főtípusba, segítve szikes talajaink nemzetközi megfeleltetését.

A **láptalajok** főtípusába tartozó talajaink vagy állandó vízborítás alatt képződtek, vagy az év nagyobb részében vízzel telítettek. Az állandó vízhatás következményeként a szerves maradványok nem, vagy csak részlegesen bomlanak el. Ezen talajaink esetében az osztályozási egységek egymástól (pl. lecsapolt és telkesített rétláptalaj), és más, átmeneti talajtípusoktól (pl. lápos réti talajok) való elhatárolása szervesanyag tartalom alapján történik, azonban erre vonatkozó határértékeink hiányosak.

Altípus szinten a mélységbeli kritériumok jól meghatározottak, de az elkülönítésben problémát okozhat a „kotu“ és a „tőzeg“ különböző irodalmakban eltérő módon megjelenő definíciója.

A WRB szerinti szerves talajok, a „Histosols”-ok talajanyagának lebomlottsági fokára vonatkozóan három kategóriát határoz meg: „Fibric” minősítő esetén a felismerhető növényi maradványok mennyisége > 2/3, „Sapric” minősítő esetén < 1/6, „Hemic” minősítő esetében pedig a kettő közötti értéket mutat.

A hazai lápok szervesanyag tartalomára és lebomlottsági fokára vonatkozó pontos határértékek, definíciók esetén a talajok elkülönítése, és a WRB „Histosol“ referencia csoporttal történő megfeleltetése is leegyszerűsödne (3. táblázat).

3. táblázat. Láp talajok, gyakori talajszintjeik és lehetséges korrelációjuk a WRB-vel

Láp talajtípusok	**Gyakori genetikai talajszintek (FAO, 2006)**	**Gyakori genetikai talajszinteknek megfelelő WRB diagnosztikus kategóriák**	**Lehetséges referencia csoportok (WRB, 2006)**	**Gyakori minősítők (WRB, 2006)**
Mohaláptalaj	H 2H 3H(k) Cr(k)	Histic, Reduktív talajtulajdonság	Histosols	Floatic, Ombric, Fibric
Rétláptalaj	H(k) Cr(k)	Histic, Reduktív talajtulajdonság	Histosols	Rheic, Fibric, Sapric
Lecsapolt és telkesített rétláptalaj	Ah AH HCl	Histic, Folic, Calcic, Gleyic talajtulajdonság	Histosols, Chernozems, Phaeozems,	Rheic, Folic, Hemic, Sapric

*A genetikai talajszintekhez tartozó másodlagos tulajdonságokat jelző indexek (FAO, 2006):
g – talajvízglejglej, h – szervesanyag felhalmozódás, k – karbonátfelhalmozódás, r – erős redukció

Javasoljuk láptalajainkra vonatkozó hiányos követelményrendszer kiegészítését, a szervesanyag mennyiségének, lebomlottsági fokának és részarányának, valamint mélységének pontos meghatározását, a nemzetközi határértékek figyelembevételével.

A **mocsári erdők talajait** erdős vegetáció alatt képződött, kis szervesanyag tartalmú talajok, melyeket erősen savanyú felszíni szintjük, és állandó vízbőség hatására kialakult reduktív tulajdonságaik alapján különítjük el a többi főtípustól.

Tulajdonképpen a réti talajok párhuzamának foghatók fel, csak míg a réti talajok esetében a biológiai hatást a füves növényzet gyakorolja, a mocsári erdők talajainál ez a fás növényzet (Szabolcs, 1966).

Bár a reduktív viszonyok hatására kialakult morfológiai bélyegek és mélységi követelményeik jól meghatározottak, azonban a szervesanyag tartalomra, és a pH-ra vonatkozóan is csak leíró jellegű határértékekkel rendelkezünk, így ezen talajaink elkülönítése szinten könnyen szubjektívvé válhat.

Pontos határértékek és definíciók segítségével a már említett WRB Gleysol-okkal ezen talajaink könnyen megfeleltethetőek lennének (4. táblázat).

4. táblázat. Mocsári erdők talajai, gyakori talajszintjeik és lehetséges korrelációjuk a WRB-vel

Mocsári erdők talajai	**Gyakori genetikai talajszintek (FAO, 2006)**	**Gyakori genetikai talajszinteknek megfelelő WRB diagnosztikus kategóriák**	**Lehetséges referencia csoportok (WRB, 2006)**	**Gyakori minősítők (WRB, 2006)**
Mocsári erdők talajai	(Ahl) Bwl Cr	Cambic, Gleyic talajtulajdonság	Gleysols, Cambisols, Alisols	Dystric, Gleyic

*A genetikai talajszintekhez tartozó másodlagos tulajdonságokat jelző indexek (FAO, 2006):
l – talajvízglejglej, h – szervesanyag felhalmozódás, r – erős redukció, w – gyenge szín és szerkezetfejlődés

A mocsári erdők talajainak kis területi kiterjedése miatt nem tartjuk indokoltnak ezen talajok főtípus szintű elkülönítést, ezért javasoljuk az osztályozás alacsonyabb szintjén való megjelenítésüket.

Következtetések, javaslatok

A feldolgozásra került főtípusok és típusok vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy hidromorf talajaink más osztályozási egységektől való objektív elkülönítésének és nemzetközi osztályozási rendszerekkel (WRB) történő korrelációjának feltétele az egyes talajszintek, talajtulajdonságok definíciójának, mélységbeli megjelenésének és eloszlásának határértékekkel történő pontos meghatározása. Ezek hiányában a hidromorf talajok egymástól, és más főtípusoktól történő elkülönítése sokszor szubjektív, megnehezítve a talajosztályozással foglalkozó szakemberek feladatát.

Ismereteink bővülése, a technikai fejlődés és a megváltozott igények szükségessé teszik talajosztályozási rendszerünk korszerűsítését, az egész országban azonos módon meghatározott definíciók, és számszerű határértékek

bevezetését a magyar talajosztályozásba, ezzel segítve talajaink objektívebb, azonos módon történő elkülönítését és nemzetközi megfeleltetését.

Irodalom

Arnold, R. W. (1968): Pedological significance of lithologic discontinuities. Trans. 9th Intl. Cong. Soil Sci., 4: 595-603, Adelaide, Australia.

Baranyai F. (szerk.) (1989): Melioráció-öntözés és talajvédelem. Útmutató a nagyméretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. '88 melléklet, Agroinform, Budapest.

FAO (2006): Guidelines for Soil Description. FAO, Rome.

FAO/ISRIC/ISSS (2006): World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports, #103. Rome.

Fuchs, M., Szegi, T., és Micheli, E. (2005): Genesis and Classification Problems of Vertisols in Hungary. 2005 ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, Salt Lake City, USA. 195. p.

Michéli, E. (2002): Új diagnoszikai szemlélet a talajosztályozásban. MTA doktori értekezés.

Michéli E., Fuchs M., Szegi T., Kele G. és Vajdulák M. (2005): A nagy agyagtartalmú talajok osztályozási problémái. Talajvédelem, Budapest. 278-281. p.

Máté, F. (1955): Adatok tiszántúli réti talajaink genetikájához. Agrokémia és Talajtan, Vol. 4, No 2. 133-143. pp.

Máté, F. (1960): Javaslat a hazai réti talajok osztályozására. Agrokémia és Talajtan, Vol. 9, No 1. 121-131. pp.

Stefanovits P. (1972): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Stefanovits P., Filep Gy. és Füleky Gy. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Szabolcs, I. (szerk.), 1966: A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. OMMI. Budapest.

Szikes talajok genetikai szintjei sótartalmának középtáji változékonysága a TIM pontok vizsgálata alapján

Tóth Tibor[1] – Kovács Dalma[1] – Marth Péter[2]
[1]Magyar Tudományos Akadémia
Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest;
[2]Budapesti Fővárosi Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás

Összefoglalás

A 69 szikes talajszelvényen létesített TIM pontban 1992 és 2000 között évente genetikai szintenként gyűjtött mintákból származó sótartalom adatok statisztikai elemzése időbeli változást mutat. A talajvízszint és a hatására létrejövő sófelhalmozódás is erős légköri hatás alatt áll. Statisztikai értelemben csupán gyenge kapcsolatot állapítottunk meg a második (10–20 cm) és harmadik (30–40 cm) genetikai szint éves sótartalom változásának mintázata és a talajvíz-megfigyelő állomások, valamint a talajtípusok között. A korrespondancia biplot alapján kitűnik, hogy Kecskemét körzetében csökkenő sókoncentráció jellemző, míg Békéscsaba környékén növekszik a talajok sótartalma. A szikes talajtípusok között, a szolonyeces réti talaj sótartalma mutatott növekvő tendenciát. Arra a következtetésre jutottunk, hogy a mért adatok statisztikai elemzését körültekintéssel kell tervezni, azért hogy a rendelkezésre állók közül az optimális háttér adatokat - mint független változókat - válasszuk ki a mért talaj adatok (sótartalom) - mint függő változók – váltakozásának értelmezésére.

Summary

The statistical analysis of salinity data from samples collected yearly from genetic soil horizons of 69 points of the Hungarian Soil Information and Monitoring System between 1992 and 2000 showed changes in time. There is a strong atmospheric control over the groundwater level and the resulting soil salinity. Weak statistical association was established between either the pattern of yearly soil salinity changes in the second (10–20 cm) and third (30–40 cm) genetic horizon and the groundwater observation stations or the soil types. In the area of Kecskemét there was a tendency of decreasing soil salinity patterns, while around Békéscsaba a tendency of increasing soil salinity patterns, as illustrated by the correspondence biplot. Regarding soil types, the solonetzic meadow soil showed a tendency of increasing salinity. It was concluded that the statistical analyses of the monitored data must be carefully planned in order to provide the optimal background data as independent data from all those available to accompany the monitored soil data as dependent variable.

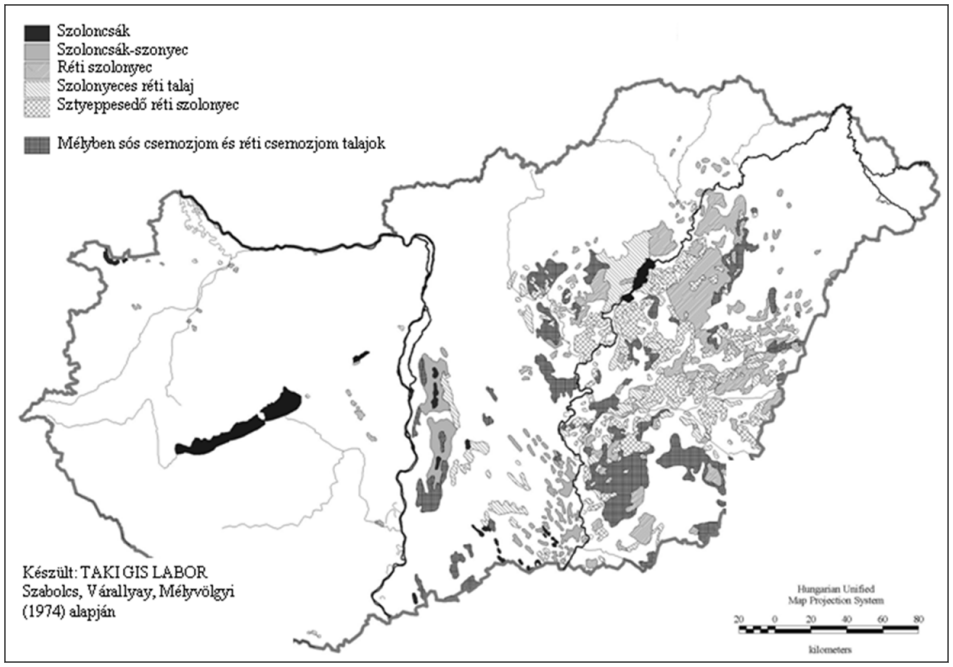
Bevezetés

A szikesedés az egyik legsúlyosabb és legelterjedtebb talajdegradációs folyamat. Előfordul természetes körülmények között, és intenzíven művelt területeken is, a szárazföldek teljes felszínének 5-10 %-át érinti.

Ahogyan azt az 1. ábra is mutatja, a szikesedés hazánkban is jellemző folyamat (Szabolcs, 1974). Napjainkban szikes területeink nagy része természetvédelmi kezelés alatt áll értékes növény és állatvilágának köszönhetően (Molnár & Borhidi, 2003). Jelentős azonban azoknak a területeknek a nagysága is, melyek mezőgazdasági művelés alatt állnak annak ellenére, hogy a talaj sókoncentrációja meghaladja a 0,1 %-ot. Az öntözés és a talajvízszint emelkedés következtében ezeknek a talajoknak növekedhet a sókoncentrációja, ami akadályozza a mezőgazdasági művelést (Tóth & Blaskó, 1998).

A talajdegradációs folyamatok nyomon követésére, monitoring rendszereket hoztak létre számos országban. Mivel a talajok sókoncentrációja gyorsan változhat, a szikesedés folyamata talajmonitoring hálózatokkal jellemezhető legjobban (Blaskó, 2005).

Dolgozatunkban a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszerben (TIM) gyűjtött adatokat használtuk fel ahhoz, hogy eldönthessük, mi az általános tendencia a szikesedés meghatározó részfolyamata, a sófelhalmozódás esetén Magyarországon. Az elmúlt néhány évben vajon növekedett, avagy csökkent a talajok sókoncentrációja?



1. ábra. Magyarország szikes talajainak térképe

Anyag és módszer

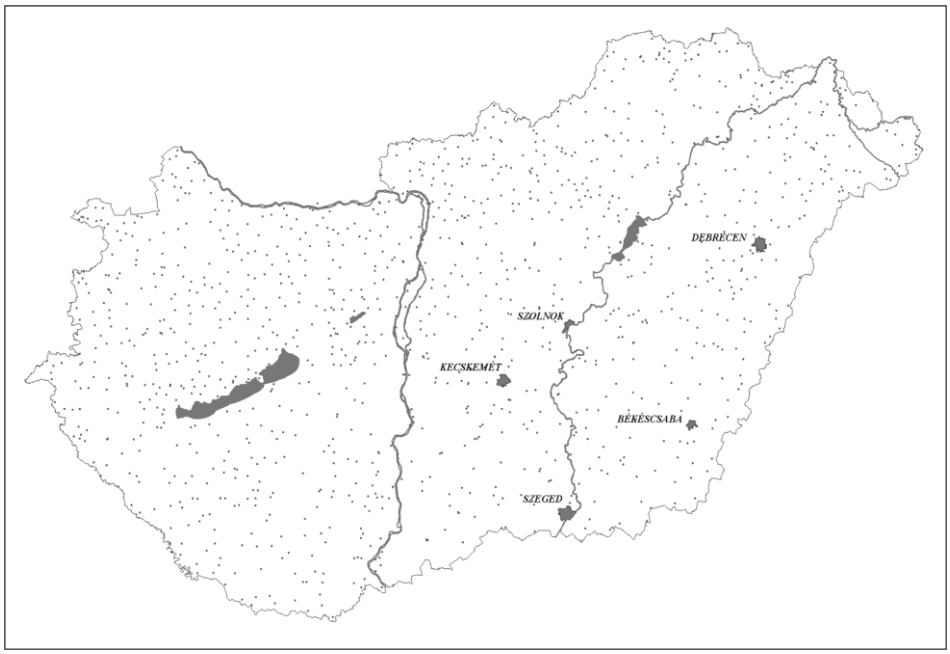
Magyarországon a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer mérési pontjaiban a talajtípustól és a vizsgálandó talajtulajdonságtól függően egy-, három- illetve hatévente történik mintavétel (Várallyay et al. 1995). Az általunk kiválasztott paraméter – melyet évente minden genetikai szintben meghatároznak – a talaj sókoncentrációja volt.

Az országos mérőhálózat 1236 pontját (2. ábra) a természetföldrajzi területegységek reprezentatív helyszínein jelölték ki. A mintavételi helyek különböző földhasználatú területekre esnek. Az 1236 pontból 865 mezőgazdasági területen található. A monitoring első periódusában, 1992-től 2000-ig, talajgenetikai szintenként végezték az évenkénti mintavételezést. A talajszelvények helye 5-10 méteres pontossággal Global Positioning Satellite készülékkel került bemérésre. Jelen dolgozatban csak a szikes talajokkal foglalkozunk, melyek a Nagy Alföldön, a Duna és a Tisza völgyében fordulnak elő. Szikeseinkre jellemző, hogy a magasabb sókoncentációjú talajokon füves pusztákat találunk, míg a kevésbé szikes területek mezőgazdasági művelés alatt állnak.

A TIM-ben a talajminták begyűjtése az 1992-ben meghatározott mintavételi pontokban, genetikai szintek szerinti mélységekből, minden évben szeptember 15-től október 15-ig történik. A begyűjtött talajmintákat megszárítják, majd laboratóriumban vizsgálják (Várallyay et al. 1995). A talaj sókoncentrációjának meghatározását, a képlékenységi fok határáig (Arany-féle kötöttségi szám, K_A) vízzel telített talajpép elektromos vezetőképességének mérésével, és a kapott eredmény táblázat alapján történő átszámításával végzik.

1. táblázat. Az éves sótartalom változás mintázatának eloszlása talajvíz-megfigyelő állomásonként. *Megjegyzés: A betűk formája az éves sótartalom változást mutatja a második és harmadik genetikai szintben 1992 és 2000 között

Az éves sótartalom változás mintázata*	Talajvíz-megfigyelő állomások					
	Békéscsaba	Debrecen	Kecskemét	Szeged	Szolnok	Összesen
/	6	2	2	3	3	16
\	0	3	4	0	1	8
-	2	3	1	1	1	8
M	2	5	4	1	2	14
V	0	4	0	0	1	5
Λ	2	3	2	0	1	8
W	0	4	2	2	1	9
Összesen	12	24	15	7	10	68



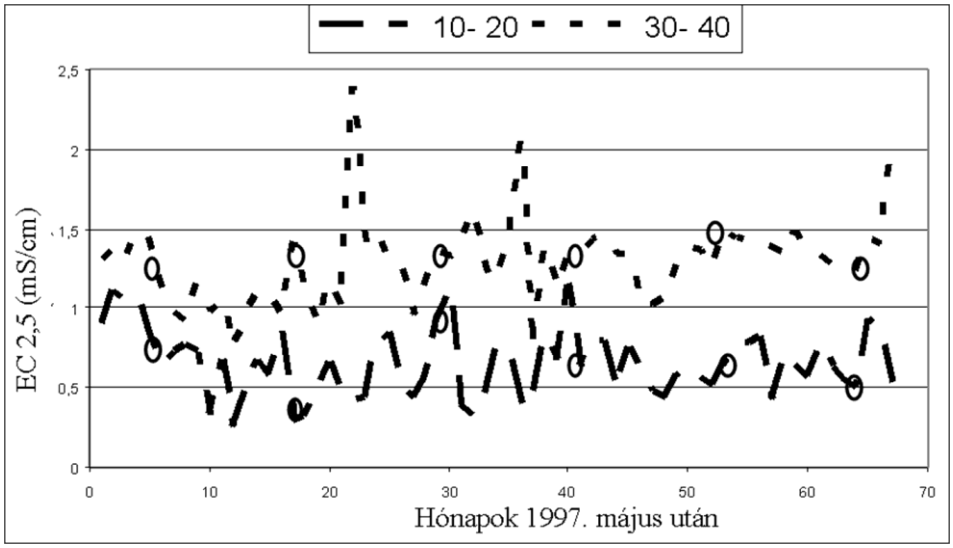
2. ábra. A Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer mintavételi pontjai, a munka során figyelembe vett meteorológiai és talajvíz-megfigyelő állomásokkal

A szikesedés folyamata alapvetően jól ismert a Nagy Alföld természeti viszonyai között. A régióban szikesedést okozó legfontosabb tényezők már korábban megállapításra kerültek. Egyedülállóan fontos tényező a sós talajvíz mélysége, (Darab, 1967) és magának a talajvíznek a sókoncentrációja, ahogyan ezt már más régióban is kimutatták (Fullerton & Pawluk, 1987, Gates et al., 2002). Az így kialakult szikes talaj a légköri viszonyok – elsősorban a csapadék és a párolgás - folyamatos változásának hatása alatt áll (Várallyay, 1966).

Jelen dolgozathoz a meteorológiai adatokat és a talajvíz mélységét választottuk háttérváltozóknak, hiszen a rendelkezésre álló adatok közül ezeknek van legnagyobb hatása a szikesedésre. Ebben a vizsgálatban középtáj (körülbelül megyényi területi felbontásnak megfelelően) szinten választottunk háttér adatforrást. A talajvíz adatokat a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Részvénytársaság (VITUKI, Budapest) által közölt adatokból gyűjtöttük. A következő talajvíz-megfigyelő kutak adatait használtuk fel: Békéscsaba törzsszám 2817, Kecskemét törzsszám 1391, Szeged törzsszám 2484, Szolnok törzsszám 2214, Debrecen törzsszám 2609. Az előzőekben felsorolt városok meteorológiai adataihoz a Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszékének, valamint az Országos Meteorológiai Szolgálat Déldunántúli Regionális Központjának közreműködésével jutottunk hozzá.

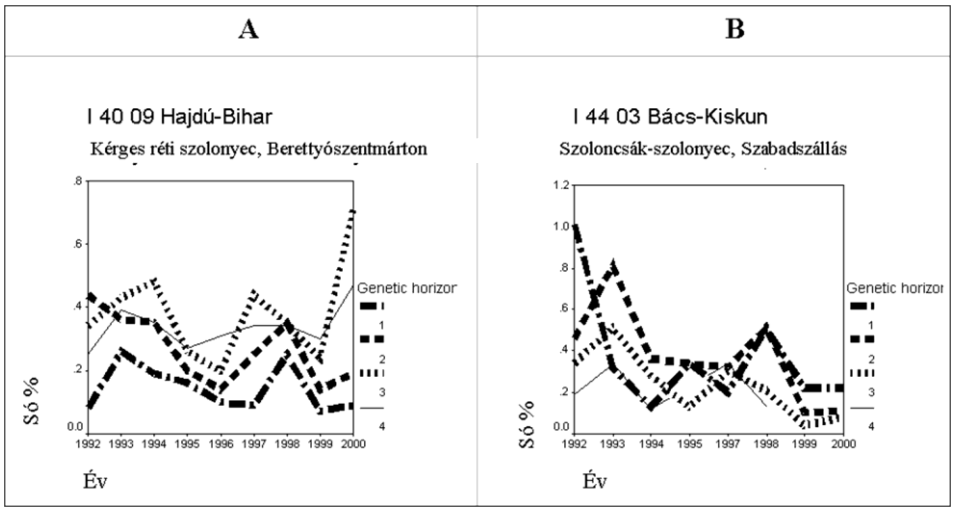
Az éves sótartalom változás mintázatok gyakran olyan csúcsokat mutatnak, melyek nem magyarázhatóak meg a háttérváltozókkal. Ez nyilvánvalóan a

térbeli változatosság következménye, mely egyszerű GPS készüléken alapuló (horizontálisan maximum 15 m hiba) megismételt fúrásokkal nem kiküszöbölhető. Egy Tóth és Kuti (2002) által teljesen homogén szolonyec területen 1997 és 2002 között végzett független tanulmány azt mutatta, hogy az éves eltérés az első évvel összevetve (az októberi mintavételek körökkel vannak feltüntetve a 3. ábrán) a második genetikai szintben -65% és +15% között, míg a harmadik genetikai szintben +6% és -6% között (!) volt (3. ábra). A most ismertetésre kerülő monitorozott pontoknál nagyobb ingadozást figyelhettünk meg, mint a független tanulmány esetében.



3. ábra. Havonkénti sótartalom változás (EC2.5) egy homogén füves területű kérges réti szolonyecen (Apaj) a 10–20 cm (második) és a 30–40 cm (harmadik) szinten belüli mintavételi rétegben. Minden októberi mintavétel fel lett tüntetve (O) 1997 és 2002 között

Az adatok mennyiségi feldolgozása során, a második és a harmadik genetikai szintet alapul véve hét időbeli éves sótartalom változás mintázatot határoztunk meg, ahogyan azt az 1. táblázatban láthatjuk. A "Λ" mintázat azt jelenti, hogy a középső évek valamelyikében kiemelkedően magas volt a sókoncentráció. Az "M" mintázat ingadozást mutat csakúgy, mint az "N" és "W" mintázatok (4A. ábra). A "\" mintázat folyamatos sótartalom csökkenést jelez (4B. ábra). A "-" mintázat a tanulmányozott időszak alatt stagnáló, míg a "/" mintázat folyamatosan növekvő sókoncentrációt jelez.

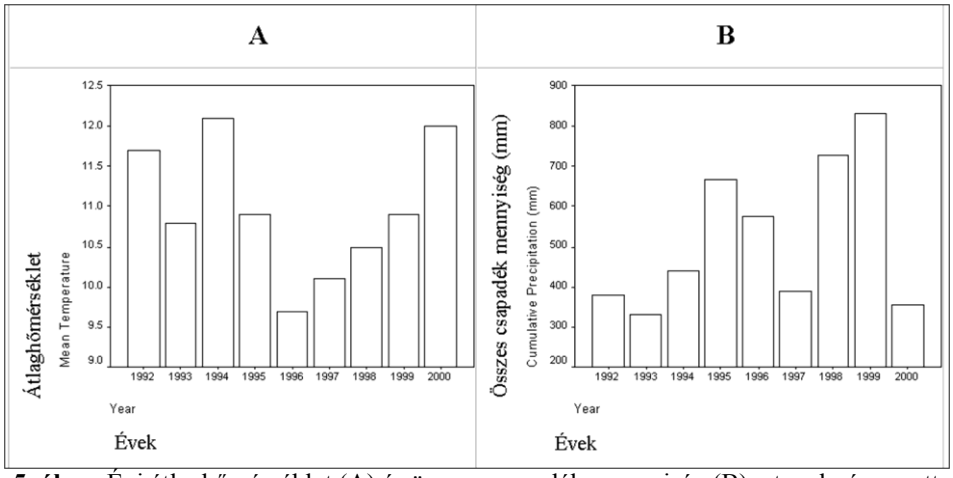


4. ábra. Az éves sótartalom változás mintázata két talajszelvény 1-4. genetikus szelvényében: ingadozó "W" lefutású (A) és az évek során folyamatosan csökkenő "\" lefutású (B) mintázatok

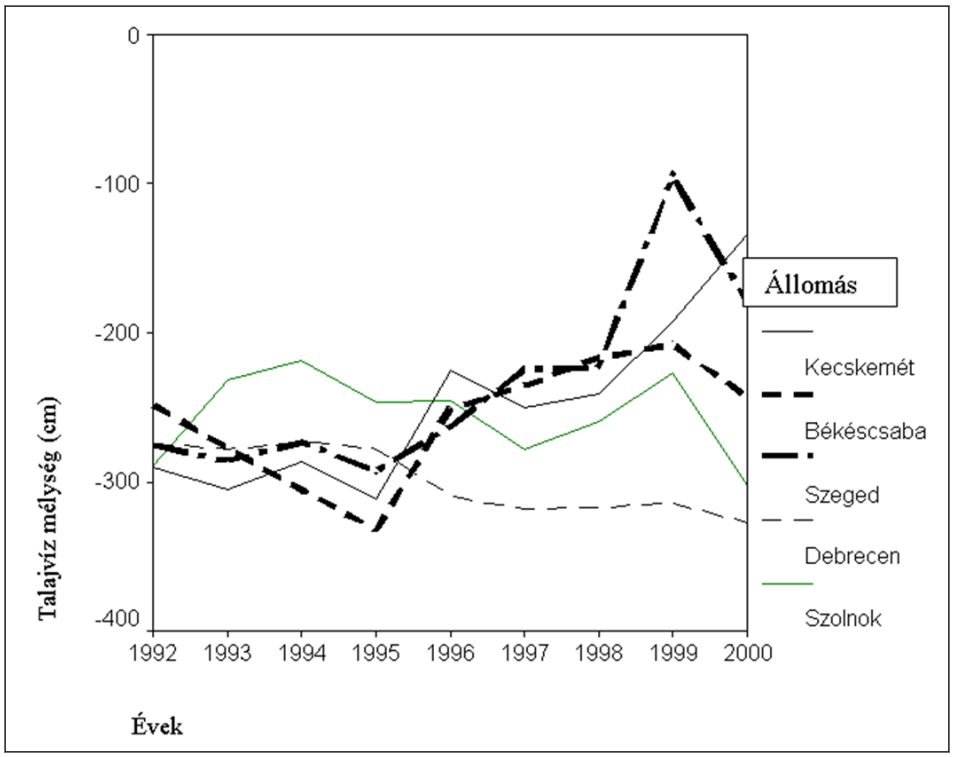
Az éves sótartalom változás és más minőségi változók közötti kapcsolat vizsgálatát korrespondancia analízis alkalmazásával hajtottuk végre (Benzecri, 1992). Ez egy olyan statisztikai értékelő módszer, amit tetszőleges eloszlás esetén alkalmazhatunk.

Eredmények és értékelés

Az átlaghőmérséklet (5A. ábra) és az összes csapadék mennyiség (5B. ábra) tekintetében nagy különbségek mutatkoztak a vizsgált évek között. Nagyon száraz és nedves évek, valamint hűvösebb és melegebb évek követték egymást. Szintén nagy különbségeket találtunk a megfigyelő kutakban mért talajvízszintekben, ahogyan azt a 6. ábra mutatja. A talajvízszint mélysége a talajokban sófelhalmozódást okozó „kritikus szint" körül ingadozott. A száraz évek során a talajvíz szintje nem változott vagy lesüllyedt. A nedves években viszont emelkedés történt a talajvízszintben, a legnagyobb talajvízszint emelkedés Kecskemét és Szeged környékén történt. A háttérváltozók - talajvízszint, sugárzás, középhőmérséklet és csapadék - minden kombinációja között a korreláció statisztikailag szignifikáns volt 0,01 szinten, ami azt mutatja, hogy a csapadék és a hőmérséklet jelentős hatással van a talajvízszintre.

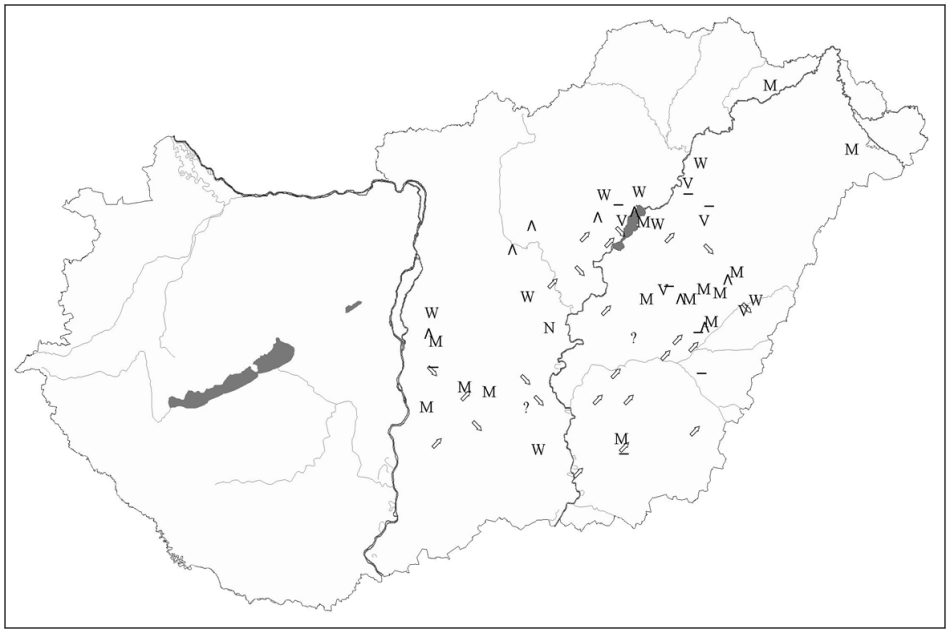


5. ábra. Évi átlaghőmérséklet (A) és összes csapadék mennyiség (B) a tanulmányozott időszakban (1992–2000) Szolnokon



6. ábra. Talajvízszint változás a megfigyelő állomásokon a tanulmányozott időszakban (1992–2000)

A 7. ábra a különböző éves sótartalom változás mintázatok eloszlását szemlélteti. Habár néhány tendencia jól látható, az eloszlások mennyiségi értékelése nehéz. Az összefüggés vizsgálat gyenge, statisztikai értelemben nem szignifikáns korrelációt állapított meg a sótartalom mintázat és a talajvíz állomások között. A biplot azonban megmutatta, hogy a csökkenő ("\") éves sótartalom változás mintázat Kecskemét környékén jellemző, míg a növekvő ("/") éves sótartalom változás mintázatot főként Békéscsaba környékén találjuk (8. ábra). A többi területre nagyrészt az ingadozó, vagy a stagnáló éves sótartalom változás mintázat jellemző.

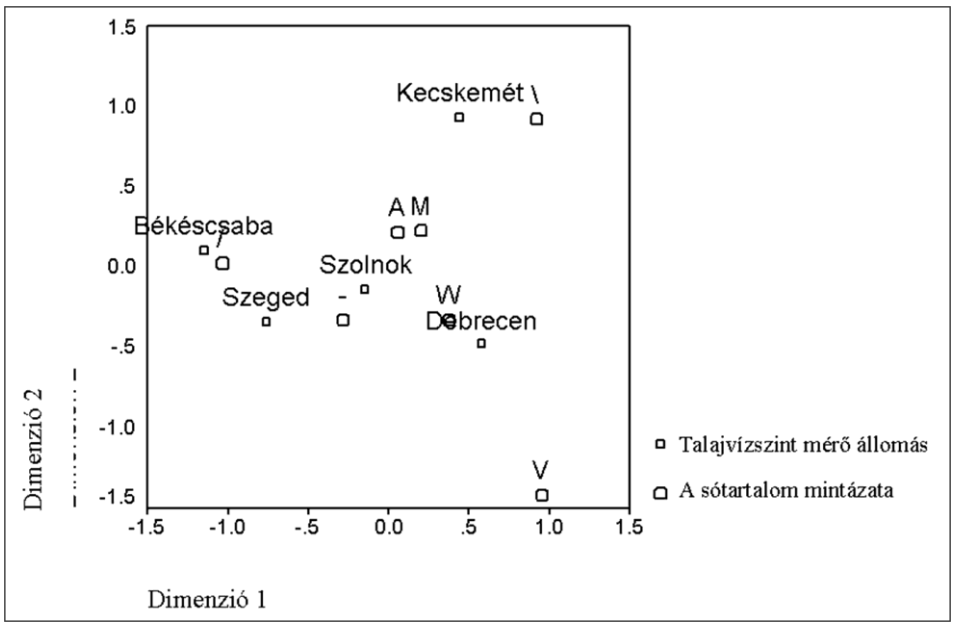


7. ábra. Az éves sótartalom változás mintázatának eloszlása a Nagy Alföldön a szikes TIM pontokban

A talajtípusok és az éves sótartalom változás mintázata közötti kapcsolat (2. táblázat) statisztikai értelemben szintén gyenge volt. Figyelemre méltó volt viszont az, hogy a növekvő "/" mintázat a szolonyeces réti talajokra jellemző leginkább.

Utolsó megjegyzésként el kell mondanunk, hogy a grafikonokon (ahogyan az a 4. ábrán is látható) további ingadozás figyelhető meg a 3. ábrával összehasonlítva, ami annak köszönhető, hogy a különböző években eltérő volt a mintavételi pontok száma. Továbbá nem hagyható figyelmen kívül az, hogy a meteorológiai állomásoktól és a talajvíz-megfigyelő kutaktól való távolság csökkentette a korrelációt a sótartalommal. Ezeket a tényeket a jövőben

feltétlenül figyelembe kell venni, amikor a sótartalom változás optimális háttérváltozóit kiválasztjuk.



8. ábra. A talajvíz-megfigyelő állomások és az éves sótartalom változás mintázat korrespondancia biplot térkép

2. táblázat. A Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer által vizsgált pontok megoszlása a talajtípusok között az éves sótartalom változás mintázatának feltüntetésével

Az éves sótartalom változás mintázata	Talajtípus							
	Rsz	Szgy	Szsz	Szk	Szrt	Ert	Szrsz	Mind
/	1	1	2	0	2	7	2	16
\	0	0	1	0	0	2	1	8
-	1	0	0	0	1	3	0	8
M	1	0	3	1	1	2	1	14
V	0	0	0	0	0	2	0	5
Λ	2	0	1	0	1	3	0	8
W	1	0	0	1	0	6	0	10
Összesen	6	1	7	2	5	25	4	69

Megjegyzések: 1. Rsz= Réti szolonyec, Szgy=Szology, Szsz=Szoloncsák-szolonyec, Sk=Szoloncsák, Szrt=Szolonyeces réti talaj, Ert=Erősen szolonyeces réti talaj, Szrsz=Sztyeppesedő réti szolonyec. 2. Az éves sótartalom változás mintázata: A "\" mintázat a tanulmányozott időszak alatt folyamatosan csökkenő, a "-" mintázat

stagnáló, míg a "/" mintázat folyamatosan növekvő sókoncentrációt jelez. A betűk formája az éves sótartalom változás mintázatát mutatja a második és harmadik genetikai szintben a vizsgált időszak alatt, 1992 és 2000 között.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munka az Országos Tudományos Kutatási Alapprogram (OTKA, T37731), a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Program OM-4/015/2004 NKFP valamint a GVOP (AKF) – 2004 – 3.1.1 támogatásával készült. Köszönetünket fejezzük ki Dr. Pásztor Lászlónak a térképek elkészítéséért.

Felhasznált irodalom

BENZECRI, J. P., 1992. Correspondence Analysis Handbook. Dunod. Paris.

BLASKÓ, L. 2005. Talajdegradációs jelenségek és a talajjavítás lehetőségei a Tiszántúlon. MTA Doktori értekezés. Karcag.

DARAB, K., 1967. Megjegyzések dr. H. Franz "Adatok a negyedkori rétegződéshez és a szikes talajok geneziséhez a Hortobágyon és annak peremvidékén" c. tanulmányához. Agrokémia és Talajtan. 16. 459–468.

FULLERTON, S. & PAWLUK, S., 1987. The role of seasonal salt and water fluxes in the genesis of solonetzic B horizons. Canadian Journal of Soil Science. 67. 719–730.

GATES, T. K. et al., 2002. Monitoring and modeling flow and salt transport in a salinitythreatened irrigated valley. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 128. 87–99.

MOLNÁR, ZS. & BORHIDI, A., 2003. Hungarian alkali vegetation: Origins, landscape history, syntaxonomy, conservation. Phytocoenologia. 33. 377–408.

SZABOLCS, I., 1974. Salt-affected Soils in Europe. Martinus Nijhoff – The Hague, The Netherlands and RISSAC, Budapest.

TÓTH, T. & BLASKÓ, L., 1998. Secondary salinization due to irrigation. In: The Soil as a Strategic Resource. (Eds.: RODRIGUEZ RODRIGUEZ, A., JIMÉNEZ MENDOZA, C. C. & TEJEDOR SALGUERO, M. L.) 229–253. Geoforma Ediciones. Logrono

TÓTH, T. & KUTI, L., 2002. A talaj sótartalom-változás tényezői a kiskunsági Apajon. Talaj és Környezet. (Szerk.: KÁTAI, J. & JÁVOR, A.) 106–116. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen.

VÁRALLYAY, GY., 1966. Duna-Tisza közi talajok sómérlegei I. Sómérlegek természetes (öntözés nélküli) viszonyok között. Agrokémia és Talajtan. 15. 423–447.

VÁRALLYAY, GY. et al., 1995. Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer. Módszertan. Földművelésügyi Minisztérium. Budapest.

Digitális termőhely-térképezés a Várhegy-erdőrezervátum területén

Juhász Péter[1] – Bidló András[1] – Heil Bálint[1] – Illés Gábor[2] – Kovács Gábor[1]

[1]Nyugat-magyarországi Egyetem, KTI, Termőhelyismerettani Intézeti Tanszék, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky út 4. E-mail: j.petya@emk.nyme.hu
[2]Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály, Budapest

Összefoglalás

Jelen közlemény a Felsőtárkány – Várhegy-erdőrezervátum magterületén végzett termőhelyi kutatások eredményeit ismerteti. A vizsgálatok két részből álltak. Az első részben talajszelvények feltárásával és a talajminták laboratóriumi vizsgálatával egybekötött részletes termőhelyvizsgálatot végeztünk, a második részben pedig a vizsgált terület 50x50 méteres hálózatban történő termőhely-térképezését végeztük el. A terepi jegyzőkönyv adataiból készült számítógépes adatbázis alapján elkészítettük egyes termőhelyi paraméterek (klíma, genetikai talajtípus, termőréteg-vastagság, fizikai talajféleség, humusz-vastagság) digitális térképeit. A felületmodell a kitettség és a domborzat függvényében szemlélteti a terület termőhelyi sajátosságait, melyről leolvasható a kitettség és a talajfejlődés kapcsolata, az egyes faállományok viselkedése különböző kitettség esetén. A kitettség és a domborzat adott esetben nagy mértékben képes befolyásolni a mezoklíma változását – ezzel együtt pedig a talajok kialakulását és fejlődését, valamint a faállományok szerkezeti összetételét, növekedését és minőségét. Az eredményeket statisztikai módszerekkel is értékeltük. Itt említhetjük a különböző domborzati, illetve termőhelyi tényezőknek a területen való százalékos megoszlását, a területen előforduló termőhelytípus-változatok klímák szerinti csoportosítását, az egyes fúráspontokban előforduló állományalkotó fafajok klímánkénti és talajtípusonkénti megoszlását, valamint a növényfelvételi adatok cluster-analízisét.

Az adatok feldolgozásával nyert jelenlegi eredmények közül talán a legjelentősebb az, hogy az eddigi nagyléptékű – üzemtervi adatokra támaszkodó – talajtípus-térkép mellett egy jóval kisebb léptékű, részletesebb térkép állhat a rendelkezésünkre a fent említett további paraméter-térképekkel együtt. Mindezek, vélhetően jól használhatóak majd a további kutatások és vizsgálatok során.

Summary

This paper details the results of research conducted in the Várhegy Forest Reserve. Soil samples were collected from numerous sites within the Reserve, and were analyzed in the laboratory. A detailed site map depicting soil types was prepared using a 50x50 meter grid network. Site parameters including climate, genetic soil type, soil texture and humus-thickness were digitally mapped using field data assembled in the computational database. The surface model demonstrates the site characteristics as a function of exposure and relief. Meso-climate is greatly impacted by variations in relief and exposure. These variations affect soil development and the structural characteristics, growth and quality of forest stands. The results were evaluated using statistical

methods. In accordance with the meso-climate, variation in slope, stand structure and soil type can be identified. Statistical analysis results returned the percentage distribution of the varying relief and site components in the field, as well as a cluster-analysis of the plant data.

Previously, data from management plans had produced small-scale soil type maps. The comprehensive analysis of the Reserve has facilitated the production of detailed, accurate, large scale maps of soil types and the above mentioned site characteristics. These maps will be useful tools for further research and scientific investigations.

Bevezetés

Az erdőrezervátum-kutatások elsődleges célja a zavartalanul érvényesülő (természetes) erdei folyamatok vizsgálata, de a napjainkban egyre inkább érvényesülő erdőgazdálkodási irányelvek mellett nagy hangsúlyt kap a gazdasági erdőkben lezajló folyamatok megértése, valamint a természetes (természetközeli) és a gazdasági erdők szerkezete és működése közötti alapvető hasonlóságok és különbségek feltárása is. Az erdőrezervátumokban lejátszódó folyamatok megfigyelésében meghatározó szerep jut a termőhely-vizsgálatoknak, hiszen az erdőállományok szerkezetét és fejlődését, valamint az egyes növényfajok (fafajok, cserjék és lágyszárú növények) előfordulását csak a termőhely ismeretében tudjuk megfelelően értékelni. A termőhelyi vizsgálatok alapadatokat szolgáltatnak az erdőrezervátumban végzett egyéb vizsgálatokhoz és a megfigyelésekből levont következtetések más erdőrezervátumokra történő kiterjesztéséhez (HORVÁTH és BORHIDI 2002).

A Felsőtárkány – Várhegy-erdőrezervátum (ER-59) az Északi-középhegységben, a dél-nyugati Bükkben, a Tárkányi-medencében található. Az erdőrezervátum nyilvántartott területe 339 ha, melyet gazdaságilag kezelt és felhagyott erdők, mészkedvelő cseres-tölgyesek, zárt molyhos-tölgyesek és gyertyános-tölgyesek borítanak. A rezervátum magterülete három különálló részre tagolódik, melyek a Csák-pilis hegytől a Várhegyig húzódnak észak-északkelettől dél-délnyugati irányban. Közöttük védőzóna található. A magterület kiterjedése összesen 94,1 ha. A rezervátum ÉK-DNy irányban húzódó hegyvonulatának, melynek három 600 m fölé magasodó csúcsa van, a legalacsonyabb pontja 315 m, a legmagasabb pedig 669 m (MAGYAR 2002, MOKOS 2003). A terület geológiai szempontból igen változatos. A Várhegy főtömegét a különböző korú és kifejlődésű mészkövek alkotják, de a mészkövek között találkozhatunk dolomittal, agyagpalával és egyéb kőzetekkel is (JUHÁSZ 1986). A Bükkhegység erdőgazdasági táj területén a következő talajféleségek, illetve talajtípusok fordulnak elő: sziklás, köves váztalajok, lejtőhordalék talajok, rendzina, ranker, erősen savanyú, barna erdőtalajok, podzolos, agyagbemosódásos és pszeudoglejes barna erdőtalajok, valamint réti talajok (DANSZKY 1963). A Várhegy területét gyertyános tölgyes makroklímával jellemezhetjük. A Várhegy kortörténeti szempontból is sok érdekességet rejt

magában. A történeti kutatások szerint Heves megye eddig ismert, legmagasabban fekvő ősi településének adott otthont. A kutatók szerint a feltárt erődítmény esetében nem pusztán egy egyszerű sáncról van szó, hanem egy fallal körülvett védőmű maradványaival állunk szemben (CZIKÁN 1961, HAVAS 1983, MATUZ 1984, PÁRDUCZ 1961).

Anyag és módszer

Az erdőrezervátumban végzett termőhelyi vizsgálatok két részre oszthatók. Az első részben talajszelvények feltárásával részletes termőhelyvizsgálatot végeztünk, míg a második részben a vizsgált terület részletes – 50x50 méteres hálózatban történő – termőhely-térképezésére került sor. A magterülethez kötődően először összesen hét talajszelvényt tártunk fel. A fúrások eredményei és az elkészült genetikai talajtípus térkép alapján azonban további talajszelvények készítése vált szükségessé. Így összesen tizennyolc talajszelvényt készítettünk a rezervátum területén. A szelvények kiásása után mindegyikből szintenként mintát vettünk, a szelvény profiljáról digitális fényképet készítettünk, és a szelvények adatait jegyzőkönyvben rögzítettük. A helyszíni vizsgálat során meghatároztuk a termőhelyi tényezők összhatását leginkább jellemző termőhelytípus-változatot – vagyis a terület klímáját, hidrológiáját, a genetikai talajtípust, a fizikai talajféleséget és a termőréteg-vastagságot –, továbbá a humuszformát, a humuszos szint vastagságát, a humusz mennyiségét, az egyes szintek színét, szerkezetét, tömődöttségét, fizikai talajféleségét, gyökértartalmát és váz%-át (BIDLÓ – KOVÁCS 2000, SZODFRIDT 1993). Meghatároztuk ezenkívül a szelvény helyén a terület domborzatát, lejtését, kitettségét és tengerszint feletti magasságát, majd GPS-szel rögzítettük a szelvény helyének koordinátáit. A talajszelvényekből vett minták laboratóriumi vizsgálatát a Magyar Szabványban foglaltak szerint végeztük el (BELLÉR 1997).

A térképezés terepi munkálatai során GPS-szel mértük be a talajfúrások helyét. A fúrások Pürkhauer-féle talajfúróval, ún. talajszondával történtek, az eredményeket jegyzőkönyvben rögzítettük. A fúrásból az alábbiakat állapítottuk meg: az adott pontban található talaj genetikai típusát, a humuszos szint vastagságát, a humusz mennyiségét, a termőréteg vastagságát és a fizikai talajféleséget, ezenkívül becsültük a váz%-ot. A talajjellemzőkön kívül a fúrási pontok közvetlen közelében álló fák, cserjék és lágyszárúak felvétele is megtörtént. A fúrási munkákkal egyidejűleg digitális fényképek is készültek a fúrt talajmintákról, a pontok körüli állományról, néhány – a területen talált – védett növényfajról, a rezervátumot övező tájról és egyéb érdekességekről.

A terepi munkálatok végeztével a gyűjtött adatok belső feldolgozása következett, melynek során a jegyzőkönyv adataiból digitális adatbázist készítettünk, valamint GIS (Földrajzi Információs Rendszer) segítségével elkészítettük a felületmodellt és a termőhely-térképek tematikus fedvényeit.

Végül az eredmények statisztikai módszerekkel történő értékelése, ezek alapján pedig különböző diagramok elkészítése következett.

Eredmények és értékelésük

A feltárt talajszelvények helyszíni leírása, majd a szelvényekből vett talajminták laboratóriumi vizsgálata során hat genetikai talajtípust, valamint három altípust írtunk le. A tizennyolc szelvényből négy szelvény agyagbemosódásos barna erdőtalaj (ABE), egy savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj (SBE), egy barnaföld (BFÖLD), egy vörösagyagos rendzina (VRE), kettő barna rendzina (BRE), kettő fekete rendzina talaj (FRE), egy humuszkarbonát talaj (HK), egy sziklás, köves váztalaj (SZV), öt pedig lejtőhordalék talaj (LH) képét mutatja.

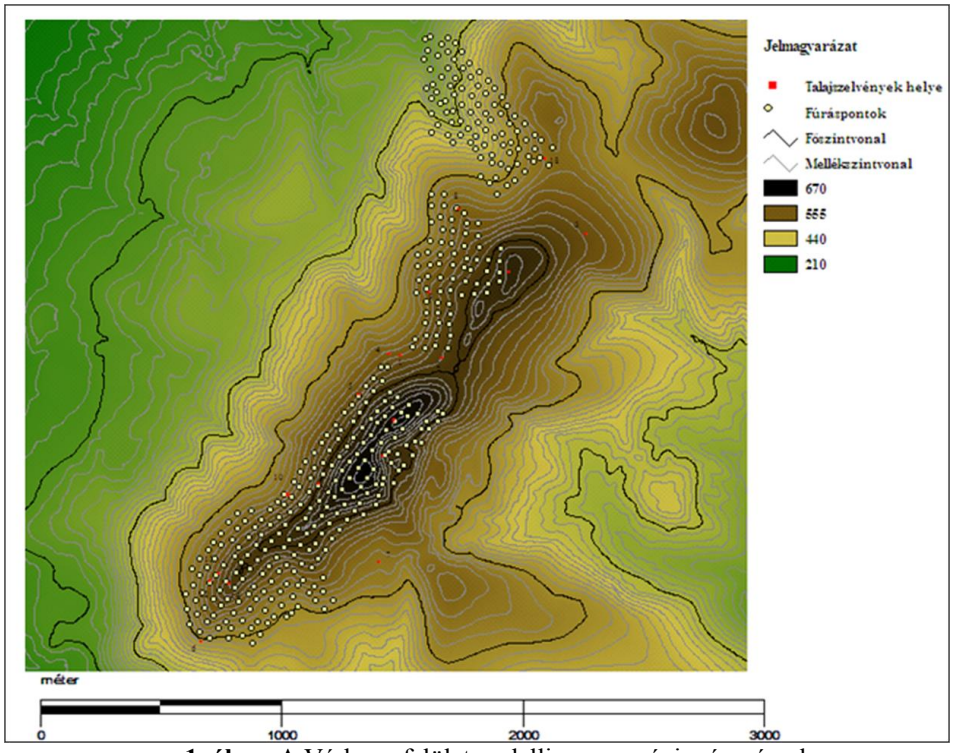
A rendelkezésre álló digitális felületmodell segítségével külön fedvényeken ábrázoltuk a domborzat változásait, a tengerszint feletti magasságot, a kitettséget és a lejtést, valamint meghatároztuk ezek pontos értékeit a talajszelvények helyén, illetve a fúráspontokban.

A felületmodellen a tengerszint feletti magasságot magasság szerinti színezéssel ábrázoltuk (1. ábra). A domborzatmodellről vett magassági értékek a fúráspontokban 330 és 662 m között alakultak. Az Erdőtervezési útmutató kódjegyzékének kategóriái alapján, a rezervátum magterületén a tengerszint feletti magasság a leggyakoribb értékeket 550 és 650 m között veszi fel (51%), de nagy hányadot tesznek ki a 450-550 m-es kategóriába tartozó magasságértékek is (34%).

Az égtájak szerinti kitettség térképen jól láthatóan kirajzolódik a Várhegy gerincének ÉK-DNy irányban húzódó hegyvonulata, melyen különböző kitettségű oldalak váltogatják egymást, de amelyet fekvéséből adódóan leginkább az ÉNy-i – DK-i kitettség jellemez. Mivel a magterület súlypontja a hegy ÉNy-i, illetve Ny-i oldalára esik, így a fúráspontoknál a felületmodell segítségével meghatározott kitettségek alapján e két kategóriával jellemezhetjük a magterület 60%-át. Jelentős hányadot tesz ki a D – DK – DNy-i kitettségű területek aránya is, ez a magterület közel 1/3-át érinti.

A digitális terepmodell a lejtés értékeket %-ban adja meg. Ezeket az értékeket ábrázoltuk a lejtés térképfedvényen. Mivel az Erdőtervezési útmutató kódjegyzéke fokban adja meg a lejtés kategóriákat, valamint a gyakorlatban a terepi munkák során is ezt a formát használjuk inkább, a terepmodellről vett %-os értékeket átszámítottuk fokba. A fúráspontokban a lejtés 3° és 51° között alakul. A területen jelentős a 15° feletti lejtésű területek aránya, együtt a magterület 85%-át teszik ki. Figyelemre méltó a 25-30°-os kategória, illetve a 30°-nál meredekebb területek igen magas aránya, hiszen ezek együtt a magterület több mint 1/3-át jellemzik. Ennek megfelelően nagy a terület reliefenergiája, és nagy az erózióérzékenysége is, ami magyarázatul szolgál a területen tapasztalható nagymértékű eróziós mozgásokra, melynek

következtében a talajszelvények feltárása és a fúrások során nagy számban találkozhattunk lejtőhordalék talajokkal, illetve ezeknek és a különböző erdőtalajoknak az átmenetével.



1. ábra. A Várhegy felületmodellje magassági színezéssel

A hazai erdészeti gyakorlat a klíma értékelésére a JÁRÓ (1963) által bevezetett ún. klímajellemző fafajok előfordulása szerinti klímakategóriákat alkalmazza, mivel a meteorológiai állomások évi középhőmérsékleti, illetve csapadék adatai nem mindig mutatnak szoros összefüggést az adott erdőterület klimatikus viszonyaival. Így a terepen, a különböző klímakategóriák elkülönítésénél azt kell figyelembe vennünk, hogy a klímajellemző fafajok közül melyik fordul elő tömegesen. Mivel a terepi felvételezés során nem fektettünk nagy hangsúlyt a klímakategóriák elkülönítésére, csupán az élesen jelentkező különbségek kerültek feljegyzésre, így a fúráspontokat utólag, a rendelkezésre álló üzemtervi adatok (SZABÓ 1996) alapján soroltuk be a megfelelő klímaosztályba. A terület mintegy 10%-a sorolható bükkös klímába, közel 60%-a gyertyános tölgyes klímával jellemezhető, a maradék 30% pedig kocsánytalan tölgyes, illetve cseres klímába esik.

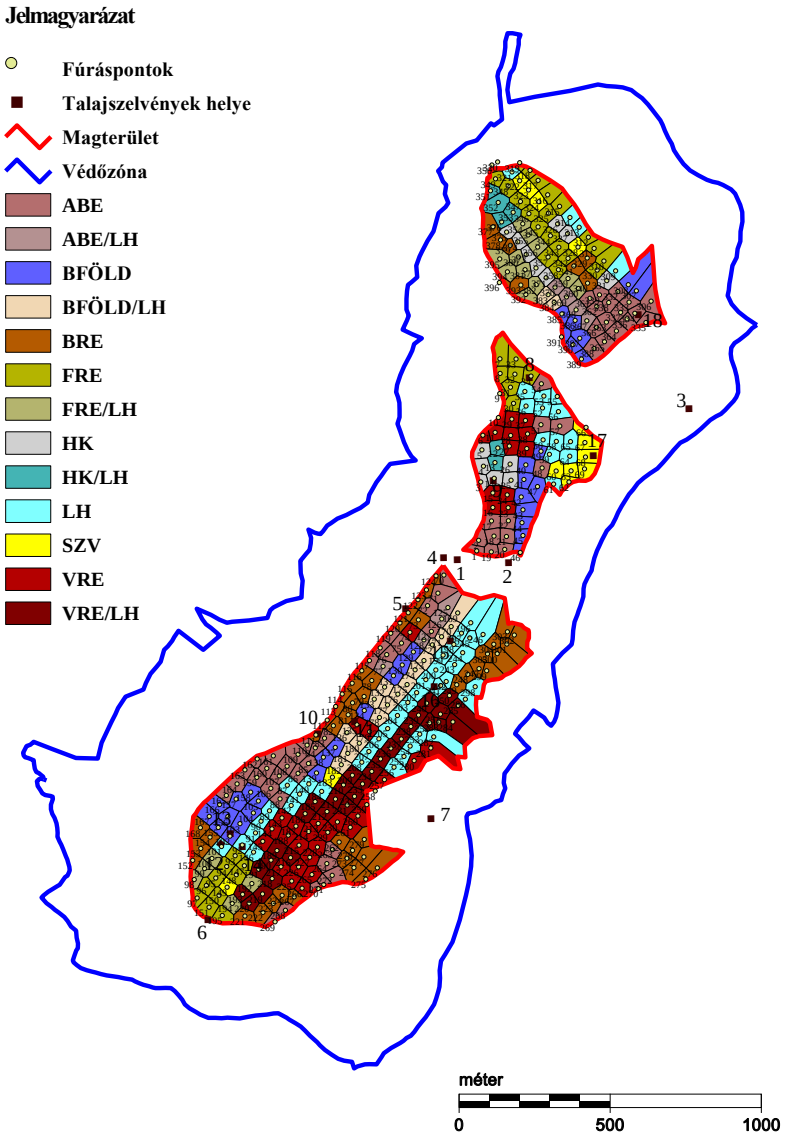
A terület túlnyomó részét többlethatástól független hidrológiai kategóriával jellemezhetjük, mivel a domborzati adottságokból kifolyólag a növényzetnek

kizárólag a hulló csapadék és a talaj által visszatartott, illetve az abból felvehető vízkészlet áll rendelkezésére, hogy fedezze vízszükségleteit. Mivel az üzemtervi adatok, illetve a fúráspontok adatai is csak ezt a hidrológiai kategóriát tünteti fel, így a terület hidrológiáját ábrázoló térkép elkészítésének nem volt értelme.

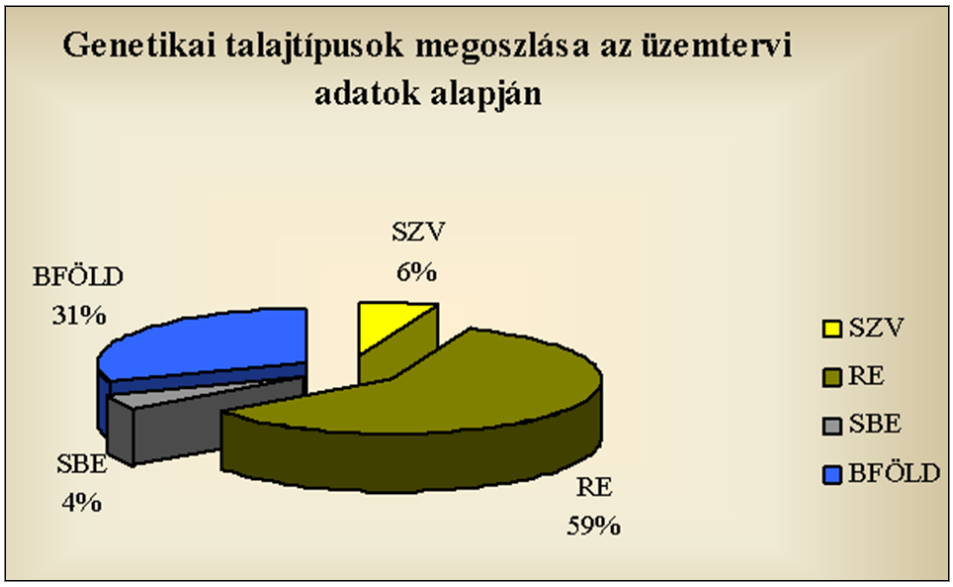
A rendelkezésre álló üzemtervi adatok, illetve a fúráspontok adatai alapján elkészítettük a terület genetikai talajtípus térképeit, melyeket összehasonlítva láthatjuk, hogy a részletes termőhelyfeltárás, valamint a talajfúrások eredményei szerint (2. ábra), sokkal változatosabb termőhellyel számolhatunk az erdőrészletek leírólapjain szereplő termőhelytípus-változatokhoz képest.

Igen szembetűnő, hogy még a talajtípusok is milyen változatosságot mutatnak, nem beszélve az egyéb termőhelyi paraméterek (pl. humusz, termőréteg-vastagság, váz%, stb.) változásáról. Míg az üzemtervi adatok szerint csupán négy talajtípussal (SZV, RE, SBE és BFÖLD) jellemezhető az erdőrezervátum területe, addig a fúrások eredményei alapján 6 típussal, 3 altípussal, valamint 3 típusnak, illetve 2 altípusnak a lejtőhordalék talajjal alkotott átmenetével. Ezen talajtípusok és altípusok, illetve átmenetek területi megoszlását szemlélteti a 3-4. ábra.

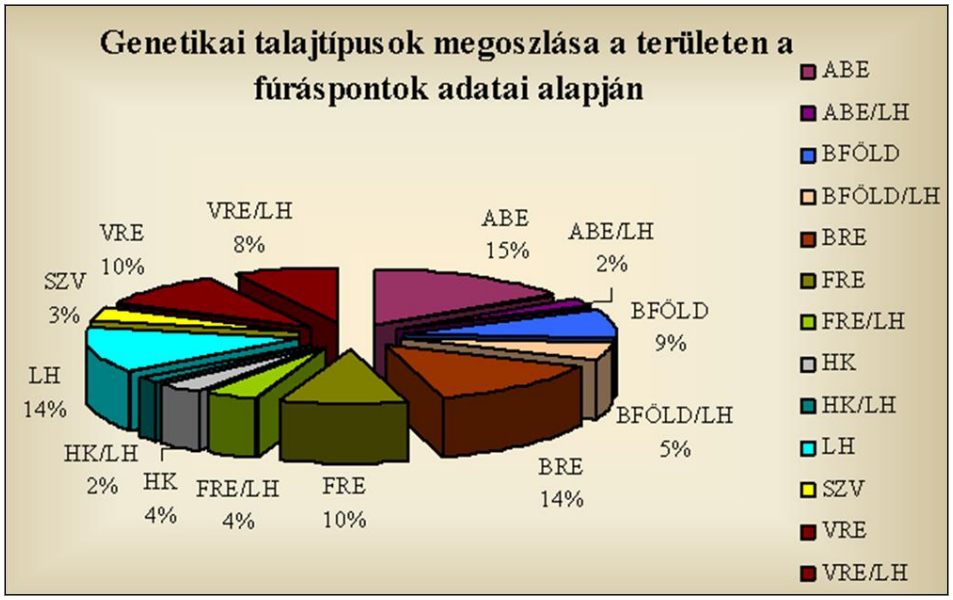
Felsőtárkány - Várhegy-erdőrezervátum (ER-59)
Genetikai talajtípus térkép a fúráspontok adatai alapján



2. ábra. Genetikai talajtípus térkép a fúráspontok adatai alapján



3. ábra. A genetikai talajtípusok megoszlása a területen az üzemtervi adatok alapján



4. ábra. A genetikai talajtípusok megoszlása a területen a fúráspontok adatai alapján (ABE – agyagbemosódásos barna erdőtalaj, BFÖLD – barnaföld, BRE – barna rendzina talaj, FRE – fekete rendzina talaj, HK – humuszkarbonát talaj, LH – lejtőhordalék talaj, SZV –sziklás, köves váztalaj, VRE – vörösagyagos rendzina talaj)

A diagramról leolvasható, hogy az üzemtervi adatok alapján, a területen körülbelül 2/3-1/3 arányban oszlanak meg a váztalajok (SZV), illetve kőzethatású erdőtalajok (RE), valamint a barna erdőtalajok (BFÖLD, SBE). A fúráspontok adatai alapján viszont a barna erdőtalajok (ABE, BFÖLD) együtt mintegy 24%-ot tesznek ki, míg a váztalajok (SZV), illetve kőzethatású erdőtalajok (BRE, FRE, HK, VRE) együtt összesen 41%-ot adnak, mindezek mellett pedig jelentős részt képviselnek a lejtőhordalék talajok, illetve ezeknek bizonyos talajokkal alkotott átmenetei (LH, ABE/LH, BFÖLD/LH, FRE/LH, HK/LH, VRE/LH), együtt mintegy 35%-ot.

A fúrások során a termőréteg-vastagság meghatározására tulajdonképpen csak a háromszintes erdőtalajok A+B szintjének együttes vastagságára, míg kőzethatású, vagy lejtőhordalék talajok esetén az A+AC szintek összes vastagságára támaszkodhatunk, mivel a fúrómaggal történő mintavétellel a gyökérzet eloszlása nem határozható meg (LIMP 2005).

Minthogy a váz% becslése a fúrások alkalmával igen bizonytalan, valamint a terepi felvételezés során a terület túlnyomó részét a gyertyános tölgyes klímába soroltuk, ezért a termőréteg-mélység kategóriák kialakításánál nem a redukált termőréteg-vastagságot vettük figyelembe, és az egész területre a GYT klímához tartotó mélység felosztást alkalmaztuk. A mély és az igen mély kategória feltűnően magas területaránya minden bizonnyal ennek az egyszerűsítésnek köszönhető, hiszen ennek az aránynak a realitása erősen valószínűtlen.

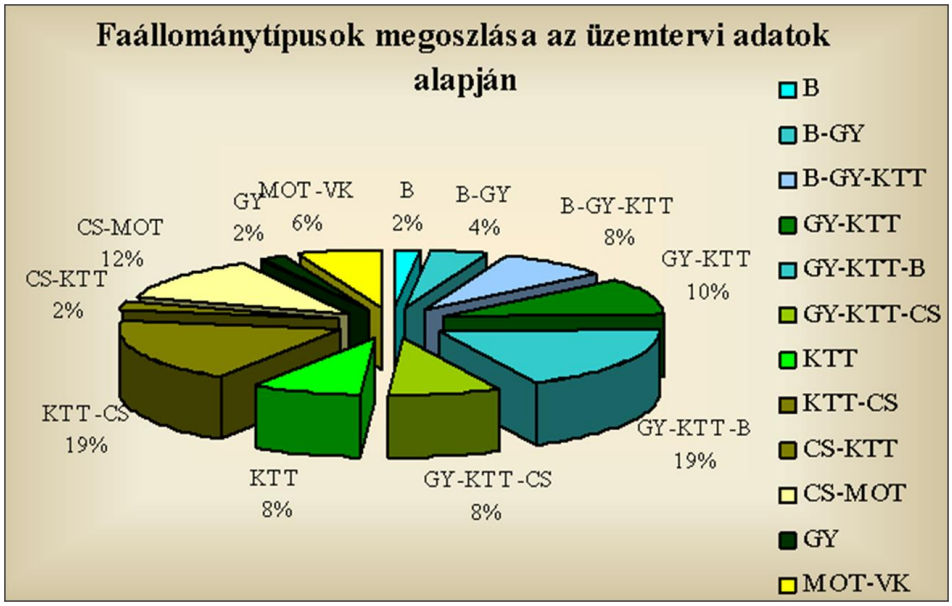
A magterületen jellemzően négy féle fizikai talajféleség fordul elő – homokos vályog (HV), vályog (V), agyagos vályog (AV) és agyag (A) –, valamint ezek egymással, illetve törmelékkel alkotott átmenetei (TÖ/V, TÖ/A, HV/V, V/AV, AV/A). Ezek közül a vályog, illetve az agyagos vályog fizikai féleség, valamint a kettő átmenete dominál a rezervátum magterületén, együttvéve több mint a magterület 85%-a jellemezhető ezzel a fizikai talajféleséggel. A vályog – agyagos vályog fizikai féleség kedvező a legtöbb növény számára, mivel a csapadékvizet viszonylag gyorsan befogadja, és a víz tartósabb tárolására is képes. Ebből kifolyólag a terület talajai többségének vízgazdálkodása kedvező, víztartó képessége jó, vízvezető képessége közepes.

Elkészültek továbbá a digitális térképek a fúráspontokban felvett teljes termőréteg-vastagság, a humuszos szint vastagsága, valamint az alapkőzet adatainak alapján is.

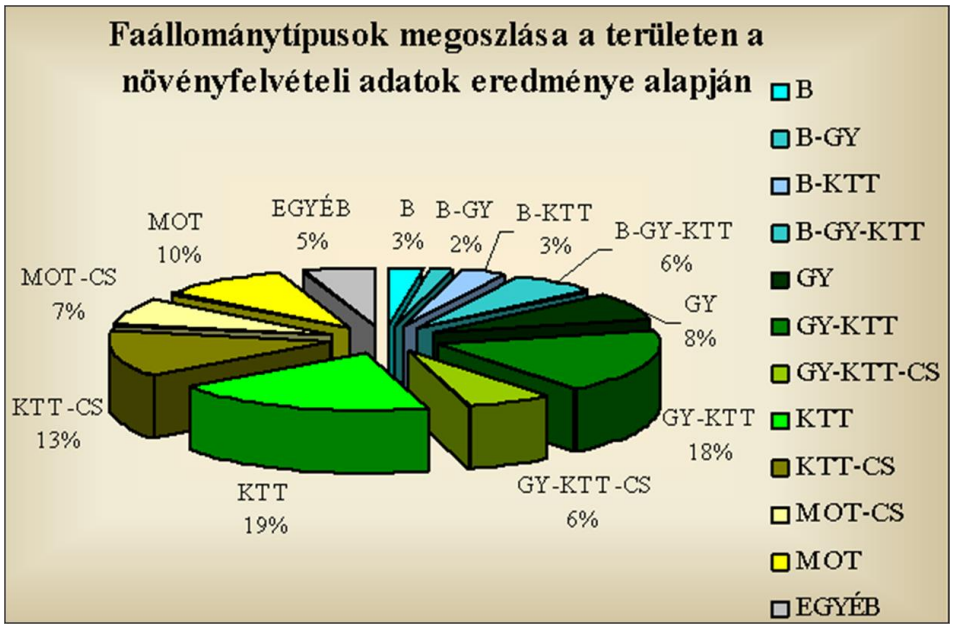
Az SPSS statisztikai program segítségével klímák szerint csoportosítottuk a területen előforduló termőhelytípus-változatokat. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy bükkös klímában 8, gyertyános tölgyes klímában 12, kocsánytalan tölgyes, illetve cseres klímában pedig 11 termőhelytípus fordul elő. Ezek változatainak száma 130, aminek 14%-a található bükkös klímában, 58%-a gyertyános tölgyes klímában, a maradék 28% pedig kocsánytalan tölgyes, illetve cseres klímában.

A fúráspontokban felvett növények közül elsőként csoportosítottuk a fúráspontok közvetlen közelében található állományalkotó fafajokat, majd az így kialakult faállománytípusokat ábrázoltuk a térképen. Összehasonlításul térképre hordtuk az üzemtervben szereplő faállománytípusokat is. Az üzemterv szerinti, illetve a növényfelvételi adatok eredménye alapján leírt faállománytípusok területi arányát szemlélteti az 5-6. ábra. Ezután a faállománytípusok csoportosítása következett klímák és talajtípusok szerint.

Végül elkészítettük a növényfelvételi adatok cluster-analízisét is. A cluster-analízis eredményeként kapott hierarchikus fa a 7. ábrán látható. Az ábra vízszintes tengelyén a vizsgált növényfajok (fa-, cserje-, és lágyszárú fajok) láthatók, míg a függőleges tengely a csoportok egymáshoz viszonyított – linkelési – távolságát ábrázolja.

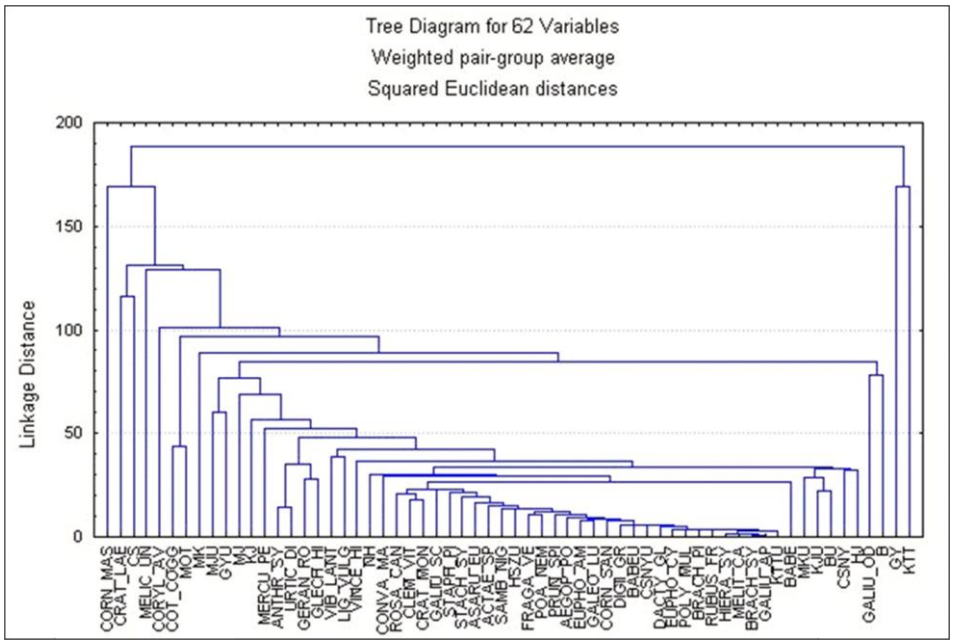


5. ábra. A faállománytípusok megoszlása a területen az üzemtervi adatok alapján



6. ábra. A faállománytípusok megoszlása a területen a növényfelvételi adatok eredménye alapján

Ez a hierarchikus fa jól mutatja az együtt megjelenés szerint szerveződni látszó csoportokat. Minél alacsonyabban egyesülnek a vonalak, annál generalistább a felsorolt növények együttes megjelenése, minél magasabban, illetve egymástól minél távolabb szerveződnek csoportok, annál karakteresebb és unikálisabb a megjelenésük. Figyelemre méltó a bükk (B), a kocsánytalan tölgy (KTT) és a gyertyán (GY), illetve a cser (CS), a cserszömörce (COT_COGG) és a molyhostölgy (MOT) csoportok elkülönülése néhány jellemző cserje és lágyszárú fajjal, míg középen sok faj nem különül el élesen egymástól.



7. ábra. A növényfelvételi adatok cluster-analízisének eredménye

Következtetések, javaslatok

A Bevezetésben leírtak szerint, a Várhegy területét gyertyános tölgyes makroklímával jellemezhetjük. Azonban a terület domborzati adottságai (tszfm., kitettség, lejtfok) nagy mértékben befolyásolják a mezoklíma változását – ezzel együtt pedig a termőhely minőségét –, és a terület bizonyos részein a makroklímánál humidabb bükkös, vagy aridabb kocsánytalan tölgyes, illetve cseres mezoklímát eredményeznek. Ezen következtetés alapján megítélésünk szerint érdemes lenne ezeket a mezoklímákat a felületmodell, illetve a klímajelző fafajok előfordulásának segítségével elkülöníteni, majd a kapott eredményt térképen ábrázolni.

A magterület nagyobb hányadát többletvízhatástól független hidrológia jellemzi. A domborzat adottságai alapján azonban joggal feltételezhetjük, hogy a terület bizonyos részein a növényzet számára jól hasznosítható többletvizet jelentő, szivárgó vizes hidrológiai kategóriával is találkozhatunk. Mivel ez a hidrológiai kategória, mint termőhelyi tényező, igen fontos szerephez jut az állomány növekedését illetően, mindenképpen érdemes vele foglalkozni. A kérdés már csupán az, hogy ez a paraméter a terület mekkora hányadát jellemzi, és hogy a felületmodell segítségével, valamint a területnek egy újabb, alapos bejárásával feltérképezhető-e?

Az eddigi eredmények alapján a talajtípusok, illetve egyéb termőhelyi paraméterek (mint pl. a termőréteg-vastagság, fizikai talajféleség stb.) nem

poligonszerű megjelenítése, illetve kiterjesztése, hanem térbeni kiterjedésének modellezése és egy „finomabb" felbontású ábrázolása a felületmodellen további feladat tárgyát képezheti.

Érdemes lenne egy átlagos váz%-kal számolt redukciós együttható alkalmazásával a teljes termőréteg-vastagság értékeiből redukált termőréteg-vastagságot számolni, és az így kapott értékekkel a termőréteg-mélység kategóriákat pontosítani.

Célszerű a továbbiakban a faállományokra vonatkozó paraméterek és a termőhelytípus-változatok valamilyen módon kidolgozott értékszámai közötti kapcsolatot vizsgálni.

Irodalom

BELLÉR P., 1997. Talajvizsgálati módszerek. Egyetemi jegyzet. Sopron.

BIDLÓ A. – KOVÁCS G., 2000. Erdészeti termőhelyfeltárás. Kézirat. Sopron.

CHIKÁN Z., 1961. Őskori erőd a Várhegyen. Az egri vár híradója. 1961/2. Eger.

DANSZKY I. (szerk.), 1963. V. Északi középhegység erdőgazdasági tájcsoport. Országos Erdészeti Főigazgatóság. Budapest.

SZABÓ SZ., 1996. Felsőtárkányi Erdészet Erdőállomány Gazdálkodási Terve. ÁESZ Egri Igazgatósága. Eger.

HAVAS H. I., 1983. Kilátás a kövekre. BNP. Eger.

HORVÁTH F. – BORHIDI A. (szerk.), 2002. A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 8. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó. Budapest.

JÁRÓ Z., 1963. Talajtípusok. Országos Erdészeti Főigazgatóság. Budapest.

JUHÁSZ Á., 1986. Évmilliók emlékei. Gondolat Kiadó. Budapest.

LIMP T., 2005. A devecseri Széki-erdő termőhelyi viszonyainak feltátása, és kapcsolata az aktuális faállományokkal. Diplomaterv. NYME-EMK. Sopron.

MAGYAR ZS., 2002. Lombkorona-szerkezet légifelvételeken alapuló vizsgálata erdőrezervátumban. Diplomamunka. NYME-EMK. Sopron.

MATUZ E., 1984. Felsőtárkány – Várhegy neolitikus telepe. Agria XX. Eger.

MOKOS B., 2003. A lombkorona-szerkezet változásának elemzése és erdőtörténeti értelmezése. Diplomamunka. NYME-EMK. Sopron.

SZODFRIDT I., 1993. Erdészeti Termőhelyismeret-tan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

WISNOVSZKY K. (szerk.), 2001. Erdőtervezési útmutató. ÁESZ. Budapest.

Soproni Hidegvíz-völgy Erdőrezervátum talajviszonyai és ökológiai jellemzése

Kovács Gábor[1] – Heil Bálint[1] – Illés Gábor[2] – Bidló András[1]
[1]Nyugat-Magyarországi Egyetem, Termőhelyismerettani Tanszék;
[2]Erdészeti Tudományos Intézet

Összefoglalás

Az erdőrezervátum kutatások célja, az erdei ökoszisztéma működésének jobb megértése. A hosszú távú megfigyeléseknek az alapja a termőhelyek részletes megismerése, alapadatok szolgáltatása a további vizsgálatoknak. A soproni Hidegvíz-völgy erdőrezervátum védőzónájában nyolc talajszelvény részletes vizsgálatát végeztük el különböző geomorfológiai adottságok mellett és eltérő faállományok alatt. Emellett a magterületen 50x50 m-es hálózatban fúrások alapján térképeztük a talajok genetikai típusát, humuszos réteg vastagságát, a feltalaj és az altalaj fizikai féleségét. A talajvizsgálati adatok alapján megállapítható, hogy a barna erdőtalajok egyes altípusaiban ill. változataiban jelentős eltérések vannak. A meredek oldalakon, ahol korábban az erózió hatására a felépült humuszos feltalaj leerodálódott, valamint az idősebb lucfenyő állományok alatt a talajok a talajsavanyodási folyamatok jellemzőit mutatják. Az erdei ökoszisztémák stabilitásának érdekében javasolható az elegyes állományok kialakítása a monokultúrás lucfenyővel szemben, valamint olyan erdészeti beavatkozások, amelyek folyamatosan biztosítják a növényzettel való talajfedettséget szemben a tarvágásos üzemmóddal.

Summary

Forest reserve research means the exploration of functional interrelationships in forest exosísytems. The first step to it is the detailed survey of forest site vonditions bí whitch further investigations can be envisaged. Investigations of such kind were achieved in the neutral zone of the forest reserve in theHidegvízvölgy (Sopron forests) meaning the detailed soil investigations of 8 soil profiles, These profiles are on various geomorphologic conditions and under various forest stands. In additionsoil borings were carried out in a 50 x 50 m network ont he basic plot bí which the genetical soil típe, depth of humous layer, physical make up of topsoil and subsoil were specified and mapped, The soil investigations prove that there are heterogenous subtypes and varieties of brown forest soils. On step slopes and in Norway spruce covered forest plots the symptoms of heavy acidificationwere found. So, the Norway monocultures should be covered to mixed forests with deciduous tree species and such forestry operations are needed that hinder the soil eriosions by setting up a continous plant cover and avoid the clearcut system.

Bevezetés

Az intenzív erdőrezervátum-kutatás mintegy másfél évtizedre nyúlik vissza. Ezen kutatások célja, az erdei ökoszisztéma működésének jobb megértése. A hosszú távú kutatások, megfigyelések szükségesség teszik az ökoszisztéma környezeti feltételeinek minél alaposabb és részletesebb megismerését, aminek szerves része az ökoszisztémát működtető energia- és anyagáramlás tározóhelyének, a talajnak a részletes vizsgálata. Másrészt ezen adatok értékelési, értelmezhetőségi alapadatokkal is szolgálnak az erdei ökoszisztéma egyéb, mint pl. a vegetáció, faállomány-szerkezeti, erdőtörténeti, biomassza-termeléssel kapcsolatos kutatási eredmények közös kiértékeléséhez (Somogyi 2002, Mössner - Gulder 2003, Schnell 2003).

Anyag és módszer

Hidegvízvölgy-Erdőrezervátum

A Soproni-hegység erdészeti tájában, a Brennbergi-medencében található a rezervátum. 350-450 m tengerszint feletti magasságban, egy jelentős eróziós völgy osztja két részre, aminek következtében a fekvés, a kitettség és a meredekség változatos. Alapkőzete agyagos, kavicsos hordalék, amit a vastagabb termőréteg és a csuszamlások is jeleznek. Az enyhe lejtők, a kisebb fennsíkok és a vízmegtartó agyagos üledékek fokozzák a termőhelyek bő nedvességellátottságát.

A hegység természetes vegetációját a bükkösök, gyertyános-tölgyesek alkották. A völgyekben kiterjedt égerligetek alakultak ki. A múltszázadban jelentősen bolygatták, többször tarra vágták, aminek hatására az erózió a feltalajt gyakran lepusztította. A gazdálkodás során azonban a területre került a lucfenyő is, amelynek telepítése a század közepén ugyancsak nagy kiterjedésben folyt a Soproni-hegyvidéken (Soproni erdők története).

Hidegvízvölgy-Erdőrezervátum ökológiai adottságai

Mérsékelten hűvös – mérsékelten nedves, ill. nedves klíma jelenik meg a tájon. Az átlagos évi középhőmérséklet 9,2 °C, a tenyészidőszaki 15,4 °C. Az átlagos évi csapadékösszeg 694 mm, ennek 64 %-a esik a tenyészidőszakban (443 mm). K-ről NY-ra, a magasabb térszínek felé haladva a gyertyános-tölgyes, majd a bükkös klíma uralja, a K–NY-i főgerinc következtében fokozott mezo- és mikroklimatikus változatossággal.

A termőhelyi tényezők, ezen belül a talajtulajdonságok vizsgálatához a magterületet övező védőzónában nyolc talajszelvényt nyitottunk különböző állománytípusok és fekvés szerint. Ezekből a szelvényből mintát vettünk és a Magyar Szabványban rögzített módon vizsgáltuk.

1. táblázat. Terület állományai és elhelyezkedésük

Ssz.	Állomány	Kitettség	Lejtés	Genetikai talajtípus	Erózió mértéke
1.	Idős bükkös	K-ÉK	5-10°	ABE	K
2.	Fiatal lucos	K-ÉK	0-5°	ABE	GY
3.	Fiatal lucos	K-ÉK	0-5°	ABE	GY
4.	Középkorú égeres-lucos	É-ÉK	0-5°	NKNYÖ	GY
5.	Idős vörösfenyő elegyes gyertyános tölgyes – bükkös	ÉNY	15-20°	ABE	K
6.	Középkorú gyertyános tölgyes – bükkös	DK	20°	ABE	K
7.	Idős lucos	É-ÉK	10-15°	PABE	K
8.	Középkorú bükkös	D-DNY	5-10°	ABE	GY

Megjegyzés: Erózió mértéke: K-közepes, GY-gyenge

Eredmények és értékelés

A Hidegvízvölgy-Erdőrezervátum talajadottságai

A helyszíni morfológiai leírások alapján a tipikus agyagbemosódásos barna erdőtalaj a meghatározó talajtípus, jól fejlett kilúgozási és felhalmozódási szintekkel. Ettől eltérést azok a szelvények mutattak, amelyekben az erózió hatására a humuszos feltalaj korábban leerodálódott és egy újabb humuszos szint felépülés kezdődött meg. Ezért a szelvények között altípus ill. változat szinten vannak különbségek.

2. táblázat. Talajok legfontosabb kémiai jellemzői

Ssz.	Humuszos szint vastagsága	Humusz% az A_1-szintben	pH (KCl) az A_1-szintben	T-érték az A_1-szintben	Bázistelítettség az A_1-szintben (V%)	Erózió mértéke
	Cm	%		mmol/100g	%	
1.	26	8,2	4,2	83	20	GY
2.	15	7,1	5,1	63	18	GY
3.	15	6,1	3,6	71	29	GY
4.	12	8,0	3,6	85	15	-
5.	6	5,1	3,3	52	6	K
6.	10	6,3	3,5	57	12	K
7.	1	9,6	3,2	117	11	K
8.	13	14,1	3,6	124	16	GY

A talajokban a kémhatás savanyú, erősen savanyú. A pH-értékek (KCl) a feltalaj humuszos szintjében 3,1-5,1 közötti, ami jelentős felszínközeli térbeni heterogenitást jelez.

A savanyúság értékei erdőtalajok vonatkozásában közepes ill. erős savanyúságot mutatnak. A feltalajban a hidrolitos savanyúság 11-91 közötti, míg a kicserélődési savanyúság 2-9. A savanyúsági értékek a mélységgel lefelé haladva fokozatosan csökkennek, azonban az egész szelvényben kimutathatók.
Az adszorpciós viszonyok mennyiségi jellemzésére a T-értéket, valamint a kicserélhető kationok mennyiségét határoztuk meg, ill. számítottuk a bázistelítettséget. Az adszorpciós kapacitás a felső humuszos 31-124 közötti, jellemző azonban a 40-60 mmolIE/100 g. Ezek alapján a talajok adszorpciós képessége jó. A kicserélhető bázisok közül a Ca^{2+} a döntő, mennyisége a humuszos feltalajban a legmagasabb, 10-15 mmolIE/100 g közötti. Tendenciájában követi a T-érték szelvényen belüli alakulását. A kicserélhető bázisionok közül a kalcium az uralkodó, a bázisionok közötti aránya 80 % körüli.

A bázistelítettség a szelvényekben 6-37 % alatti, igen erősen telítetlen a talaj. A feltalajban a humusz pufferképességének köszönhetően magasabbak, majd a kilúgozási szintben ezen értékek alá csökken. Összességében a szelvényen belül az igen erős telítetlenség a meghatározó, adottak az agyagásványszétesés feltételei. Ez alól az erodált felszínű szelvények, valamint az idős lucfenyő alatt található talajok a kivételek.

A humuszos szint vastagsága a korábbi erózió mértékétől függ, így 2-26 cm-ig terjed, jellemző azonban a 15 cm körüli vastagság. A szerves anyag felhalmozódása jelentős, a humusz mennyisége a legfelső szintekben, változó vastagság mellett 5,1-9,6 %.

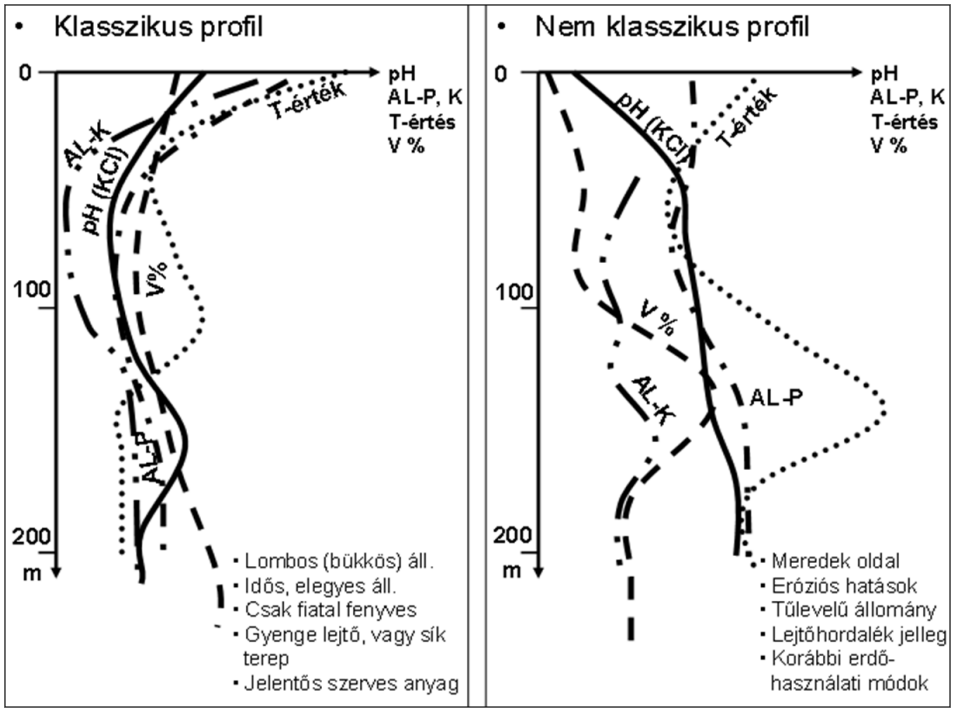
A foszfor és a kálium ellátottság a könnyen oldható AL-P és AL-K-tartalom alapján változó. A savanyúbb, erodált felszínű szelvényekben a gyökérzónában a foszfor mennyisége 0,9-3,5 mg/100 g, ami kevés. A nem erodált felszínű talajok esetében pedig 10 mg/100 g körüli foszforral találkozunk. A káliumtartalom a kilúgozási szintben 2-9 mg/100 g, ami ugyancsak kevés. Mindkét tápelemnél megfigyelhető, hogy a gyökérzóna tápanyagban a legszegényebb, jelezvén, hogy a tápanyag felvétel ebben a felső 65 cm-ben a legintenzívebb.

A talajok agyagtartalma 13-23 % közötti a kilúgozási szintben majd a felhalmozódási szintben rendre emelkedik. Az agyagtartalom alapján tehát a talaj fizikai félesége a feltalajban homokos vályog, a felhalmozódási szintben vályog és az eltérő üledékkel rendelkező alsó szintben vályog, agyagos vályog.

A talajtulajdonságok ökológiai értékelése

A talajvizsgálati eredmények jól mutatják az elmúlt évtizedekben, évszázadokban bekövetkezett változásokat. A talajfejlődési folyamatok hosszú távon a környezeti tényezők összhatásaként jelentkeznek, aminek eredménye, adott tulajdonságú talajparaméterek. Ezek a paraméterek számszerűen is jellemezhetők és diagnosztikai bélyegként szolgálnak az egyes típusok

azonosításában. Hosszú távon a talajra jellemző, ún. klasszikus profilok jönnek létre. A klasszikustól eltérő eredmények azonban a talajfejlődésben bekövetkező töréseket mutatják, amelyek elsősorban az emberi tevékenység közvetlen vagy közvetett hatásaként értékelhetünk. A klasszikus és az attól eltérő talajtulajdonságok ábrázolását mutatja az 1. ábra.



1. ábra. A talajtulajdonságok jellegzetes profiljai a szelvényekben

A talajszelvények pH-profiljának alakulása két alapvető típusra különíthető el. Az egyik esetben a kilúgozási szintben találjuk a legalacsonyabb pH-értékeket, azon belül is az A_2, ill. A_3-szintekben, a humusz-felhalmozódási szintek alatt. Ez azért következik be, mert a szerves anyag nagy pufferképessége csökkenteni mind az ökoszisztémára, a talajsavanyodásból származó, mind pedig külső forrásból az ökoszisztémába bekerült savanyítóan ható ionok hatását. Ha a savanyodás mértéke nagyobb ütemű, mint a talajok pufferrátájából származó pufferhatás, a feltalaj savanyodása nem kerülhető el.

A KCl-os pH-értékek a gyengén erodált felszínek mellett 3,6-5,1 pH értékeket mutatnak, míg az erodált felszínek mellett 3,2-3,6.

Az adszorpciós képesség szelvénybeli lefutását vizsgálva ugyancsak előtűnik a T-értékre jellemző klasszikus profil. A humusz-felhalmozódásnak köszönhetően a feltalajban a legmagasabb a T-érték, majd az agyag-felhalmozódási szintben egy második maximumot mutat. Valamennyi talaj

esetén az adszorpciós képesség jó, kellő mennyiségű humusz ill. agyagkolloid található a szelvényeken belül. A T-érték klasszikus alakulását mutató talajszelvényeknél a feltalajban az erózió nyomai kevésbé látszanak. A nagyobb erózió, a humuszos szint (részleges) hiánya azt eredményezi, hogy az altalajban találjuk a legnagyobb adszorpciós képességű talajszinteket, köszönhetően az agyag-felhalmozódásnak. A feltalaj csökkenő ill. alacsony adszorpciós képességének a következménye, hogy a feltalaj lényegesen kisebb pufferképességgel is rendelkezik, aminek hatására a talajsavanyodás folyamatai egyre gyorsabbak.

A kicserélhető bázisionok közül a szelvények nagy részében a Ca^{2+} az uralkodó kation, részaránya eléri a 70-80 %-ot. A Ca^{2+} mellett a Mg^{2+} is jelentős, a két kation összességében a bázisionok esetén mintegy 95 %-ot tesz ki. A kicserélhető kationok közül a hidrogén, az alumínium és a vas valamint a mangán az uralkodó.

A feltalajban rendre kicsi a bázistelítettség, nagy a savanyúság. A kis pufferképességű, vékony humuszos szinttel rendelkező talajokban akár az adszorpciós komplexek szétesése is bekövetkezhet. Előrehaladottá válhat a helyzet, ha a V% 15 % alá csökken. A 15 cm-nél vastagabb humuszos szinttel jellemző talajokban a pH-értékek is magasabbak, ezeknél a bázistelítettség is magasabb, mint a vékony humuszos rétegű, alacsonyabb kémhatású talajokban. Ez figyelhető meg az idős lucfenyves alatt, ill. a meredek oldalú lombos állományokban. A fiatal lucfenyvesek alatt, valamint az idős bükkösök alatt vastagabb a humuszos szint, magasabb a pH, nagyobb a bázistelítettség. A 10-20 éves lucfenyvesek termőhelyeinél még az átalakulás nem előrehaladott, a talajok ökológiai állapota jobban hasonlít az eredeti talajokra. Ezek az állományok plató helyzetben vannak, kis meredekség mellett.

Az eróziós folyamatok hatására az újratelepítések vagy a felújítások ill. felújulások hatására sem tudott még az elmúlt néhány évtizedben (évszázadban) az ökoszisztémára jellemző humuszfelhalmozódási szint kialakulni. Erre lényegesen hosszabb időszakra van szükség a talajfejlődés folyamán. A humuszkészlet alakulásához hasonló profilt mutat a foszfor és a kálium lefutása is. Azokban a szelvényekben, ahol hiányzik a szerves feltalaj, ott a felvezető foszfor és kálium mennyisége is kisebb. Az intenzív tápanyag felvétel következtében mennyiségük a fő gyökérzónában a legkisebb, mutatván, hogy itt a legintenzívebb a tápanyag felvétel, a csökkenés akár latens hiányhoz is vezethet.

Ökológiai szempontból a kedvező talajállapot tartós fennmaradása a lombelegyes állományok meglétéhez kötődik. Ezekben az állományokban folyamatos a kedvező adottságú A_1-szint felépülése ill. fennmaradása. Jelentős a nitrogén, foszfor ill. kálium mennyisége, amely a növények számára elegendő mennyiséget mutat. Jelentéktelen az ökoszisztémára jellemző belső talajsavanyodás. A lucfenyő telepítések hatása már egy-két fenyőgeneráció után is kimutatható a savanyodás. Hatásukra jelentős mértékben csökkent a pH, nőtt

a savanyúság és a bázistelítetlenség, csökkent az adszorpciós képesség. Ezt a hatást fokozza a meredek oldal, ahol igen nagy az erózió veszélye (Feger 1993, Otto 1994, Fischer et al. 2003, Hölscher 2002, Rothe et al. 2002a, 2002b, Röhrig 2006)

A talajok kémiai tulajdonságaiban bekövetkezett negatív hatás két tényezőre vezethető vissza, egyrészt a meredek oldalakat a múltban súlytott erózióra és a lucfenyő telepítésekre. A lucfenyő telepítések következménye a savanyú nyerstőzeg képződés, tápanyagfelvétel és mineralizáció tér és időbeni elválása, tápanyag készlet elszegényedése, a pufferképesség csökkenése és az agyagásványok szétesése. A meredek oldalak hatása az avarlehordás ill. talajerózió, tápanyagveszteség, pufferképesség csökkenése, a pH és a V% csökkenése. Összességében a talaj savanyodásához, végső soron az ökoszisztémák instabilitásához vezet (Ulrich 1991).

Következtetések és javaslatok

A talajok vizsgálati adatai alapján bizonyos következtetések vonhatók le a talajtulajdonságok és a környezeti változók alakulása között. Nagyobb mintaszámmal statisztikailag és értékelhető lehet ez a kapcsolat. Lehetővé válik a talajképző tényezők és a talajtulajdonságok közötti viszony feltárása, további vizsgálatokkal a talaj-növény ökológiai rendszer vizsgálata.

A talaj- és termőhelyi vizsgálatok lehetőséget adnak továbbá a talaj- ill. a termőhelyi tényezők és a növényzet, a faállományok, azok egészségi állapota közötti kapcsolat (térinformatikai, statisztikai stb.) vizsgálatára. A talaj és termőhelyi adottságok lehetőséget adnak továbbá a termőhelyek és az egyes használati módok (erdőtörténeti, tájhasználati dokumentumok) közötti kapcsolat vizsgálatára, talajzoológiai megfigyelések talajadottságokkal való összevetésére.

Talajsavanyodás lehet az ökoszisztémákra jellemző belső savanyodás ill. antropogén hatás eredménye. Ez utóbbi a légszennyezésekre, valamint az erdőgazdálkodásra vezethető vissza. A légszennyezésből kiülepedő jelentős mennyiségű kén- és nitrogén felhalmozódásra vezethető vissza. Az erdőgazdálkodás negatív hatása pedig a fafajválasztásban ill. az erdőgazdálkodási módokban jelentkezik.

A talajsavanyodás kihat az agyagásványok képződésére, ezáltal felgyorsul a talajképződés, növekvő elem-elszegényedés. A humuszképződésre gyakorolt hatása, hogy kedvezőtlenebbé válik a humuszforma, csökken a talajok biológiai aktivitása. A nehézfémek komplexekből történő felszabadulása, a talajvizek savanyodása a vízi ökoszisztémák károsodásához, az ivóvíz minőségének romlásához vezet. Az újkeletű erdőkárok a gyökérnövekedési problémákon és tápanyag-felvételi problémákon keresztül a fatermőképesség változását indukálja, aminek hatása lehet, hogy a tápelem arányok optimális arányokig

történő eltolódása növekedést indukál, attól való eltérése pedig az erdők stabilitásának csökkenéséhez vezet.

Az erdőgazdálkodással kapcsolatos alternatívák

Külső forrásból származó savas vegyületek hatásának csökkenése megvalósítható a lombosok nagyobb mértékű telepítésével, az elegyetlen tűlevelűek átalakításával, az állományszegélyek kialakításával, lehetőség szerinti zárt állományok fenntartásával, a tarvágások és a nyílt erdőszegélyek kerülésével. Az ökoszisztémára jellemző belső talajsavanyodás csökkenthető az erdőgazdálkodási tevékenység alapvetően a kation- és N-körfogalomra ható tényezőinek a megváltoztatásával, nevezetesen a helyben történő felkészítéssel és választékolással, a gyérítések fokozatos elvégzésével, lágyszárú növényzet részleges visszaszorításával, a tarvágások elkerülésével és az elegyes állományok kialakításával.

Irodalom

Feger K.-H. 1993: Bedeutung von ökosysteminternen Umsätzen und Nutzungseingriffen für den Stoffhaushalt von Waldlandschaften. Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen. Heft 31.

Fischer H., Bens O., Hüttl R.F. 2002: Veränderung von Humusform, -vorrat und –verteilung im Zuge von Waldumbau Maßnahmen im Nordostdeutschen Tiefland, Forstwissenschaftliches Zentralblatt 121, 322-334. o.

Hölscher D., Schmitt S., Kupfer K. 2002: Growth and Leaf Traits of Four Broad-Leaved Tree Species along a Hillside. Forstwissensch. Z.blatt 121, 229-239. o.

Mössner R., Gulder H.-J. 2003: Naturwaldreservate – Forschung für den Wald der Zukunft. LWF-aktuell, 40. 1-3. o.

Otto H.-J. 1994: Waldökologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Rothe A., Huber C., Kreutzer K., Weis W. 2002a: Deposition and soil leaching in stands of Norway spruce and European Beech: Results from the Höglwald research in comparison with other European case studies. Plant and Soil 240, 22-45

Rothe A., Kreutzer K., Küchenhoff H., 2002b: Influence of tree species composition on soil and soil solution properties in two mixed spruce-beech stands with contrasting history in Southern Germany. Plant and Soil 240. 47-56.

Röhrig E. Bartsch, von Lüpke B. 2006: Waldbau auf ökologischer Grundlage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Schnell A.. 2003: Lücken im Buchenwald – Naturwaldreservate bietet Einblicke. LWF-aktuell, 40. 12-14. o.

Somogyi Z. 2002:Az erdőrezervátumokban folytatandó kutatások általános célkitűzései. In. Horváth F.– Borhidi A. (szerk.) 2002: A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Budapest, 83-99. o.

Ulrich B. 1991: Stoffhaushalt Waldökosysteme, Manuskript, Göttingen.

Weis W.. 2004: Trockenjahre beeinflussen Sickerwasser-chemie und Bodenversauerung. LWF-aktuell, 43. 19-20. o.

Öntözőkutak vízminőségének vizsgálata a Nyírségben

Leviczkyné Dobi Mária[1] *– Holló Sándor*[2]
[1] talajtani és környezetvédelmi szakértő, AGROMECHANIKA KKT, Nyíregyháza-Sóstóhegy;
[2] talajvédelmi felügyelő, Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat, Nyíregyháza

Összefoglalás

Az agrotechnikai módszerek mellett a leghatásosabb lehetőség a vízhiány pótlására az öntözés. Öntözni ott szükséges, ahol a csapadék nem biztosítja a növényzet fejlődéséhez szükséges vizet, öntözést kiépíteni azonban csak ott lehet, ahol megfelelő minőségű, hozzáférhető és elegendő vízkészlet áll rendelkezésre.

Magyarország éghajlata szélsőséges, időjárása szeszélyes, az ariditási index >1.5-<1.1 közötti. A mezőgazdasági termelés szerkezete napjainkban az intenzív ágazatok felé tolódik, egyidejűleg az időjárási trend változásának hatása, hogy az öntözéses gazdálkodás lehetősége felértékelődik. Az öntözött területek nagysága Szabolcs–Szatmár–Bereg megyében is növekvő. A felhasznált víz néhány felszíni vízforrástól eltekintve a 20-40 m mélységben fellelhető rétegvízre települő csőkutakból nyerhető.

Dolgozatunkban a megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálathoz bekerült talajtani szakvéleményekben fellelhető vízvizsgálati eredményeket felhasználva kívánjuk bemutatni a csőkutakból származó öntözővíz minőségét az alábbi nyírségi kistájak területén: Felső–Nyírség/Kisvárda, Középső–Nyírség/Baktalórántháza, Alsó–Nyírség/Nyíregyháza, Nyír-bátori kistáj és Mátészalkai kistáj.

Irodalmi adatok alapján a vízben oldott ásványi sók mennyisége és aránya jellemző a víz származási helyére, a vízadó rétegre. Adataink értékelése során is az egységes eredetre utaló eredményeket kaptunk: a Nyírségben használt öntözővizek semleges kémhatásúak, alacsony a vezetőképességük és alacsony a bennük mérhető oldott-só tartalom, nátrium százalék, magnézium százalék, nátrium adszorpciós arány, valamint a vas- és mangánszint is. A nitrát mennyisége össz-nyírségi átlagban egy körzet, a Mátészalkai kistáj kivételével nem éri el az érvényben lévő jogi korlátokban meghatározott értéket, azonban az ammónium-tartalom mind az öt térségben meghaladja azt 134 – 342 % közötti mértékben.

Következtetésként levonható: a csőkutakból származó nyírségi öntözővizek kémiai paraméterei kiválóak. Alkalmasak lennének akár bármely vízgazdálkodási paraméterrel rendelkező talaj öntözésére. Irányuljon azonban kiemelt figyelem az ammónium- és nitrát-ionra, ami a kutak környezetvédelmi állapotának megítélése szempontjából fontos.

Summary

Besides agrotechnical methods the most effective method of water supplementation is watering. Watering is necessary where precipitation does not provide enough water required for the growth of the plants. However, watering pumps can only be established where accessible, in quantity and quality adequate water supply is available.

The climate of Hungary is extreme, its weather is incalculable, the aridity index is between -1.5 and 1.1. The shift in the structure of agricultural production to more intensive branches, and at the same time the effect of the change in the weather trends explain the revaluation of the possibilities of the irrigation farming. The area of farms under irrigation in Szabolcs-Szatmár-Bereg County is also increasing. The used water in most cases - except for some surface wells - mostly come from driven wells built on 20-40 m deep stratum-water.

In this paper we use the water examination results found in the expert opinions handed in to the Plant and Soil Protection Service of Szabolcs-Szatmár-Bereg County, thereby we intend to present the water quality of irrigation water gained from driven wells in the following regions: North-Nyírség/Kisvárda, Middle-Nyírség/Baktalórántháza, South-Nyírség/Nyíregyháza, Nyírbátor region and Mátészalka region.

Based on literature the quantity and ratio of water-soluble minerals is characteristic of the origin of the water, and of the watering stratum. During the evaluation of the data the received results also referred to uniform origin: the water used in the Nyírség was neutral, of low conductibility and had low levels of solved salt, sodium percentage, magnesium percentage, sodium absorption ratio, and iron and manganese level. The quantity of nitrate on the average in the Nyírség does not reach, except for the Mátészalka region, the level determined by the effective legal regulations; however, the ammonium content in each of the five regions exceeds it by 143-342%.

As a consequence, we can state the following: the chemical parameters of the waters gained from driven wells are excellent. They would be appropriate for the watering of any soil having any kind of water-supply engineering parameters. However, ammonium and nitrate-ion should receive special attention, which is very important from the aspect of the environmental state of the wells.

Bevezetés

A víz jelentősége

A víz a földi életet lehetővé tevő alapvető vegyület /MOSER-PÁLMAI 1999./, ami a természetben és a társadalomban egyidejűleg sokrétű és meghatározó szerepű természeti erőforrás /THYLL et al 1996./. Összetevői az alapvíz – steril, 0 C°-os víz-, valamint fizikai, kémiai és biológiai szennyezőanyagok /JUHÁSZ 1987./. Víz borítja a Föld 73 %-át, ami következtében látszólag végtelen mennyiségben áll rendelkezésre /SÁNTHA 1996./, azonban 1 %-nál is kisebb része a felhasználható /VERMES et al 1997./. Körforgása és különböző halmazállapotaiba való átmenetei folytán megújulásra képes, bár nem korlátlanul /THYLL et al 1996./. A vízkészleteket /VÁRALLYAI 2005./ ipari, mezőgazdasági és kommunális szennyezések terhelik /SÁNTHA 1996./. A sérülékenység miatt a víz védelme a környezet-védelem egyik alapfeladata /KERÉNYI 1998. /

A víz a növények számára a szénhidrátok előállításához, a protoplazma hidratációjához, a tápanyagok és az ásványi elemek szállításához szükséges.A

belső nedvességhiány akadályozza a sejtosztódást és a sejtnövekedést, ezáltal korlátozza a növényi növekedést /TISDALE et al 1966./.

Magyarországra napjainkban is a mezőgazdasági jelleg a meghatározó /MAROSI 2005./. A termelési ágak között a növénytermesztésé a vezető szerep, ahol a csapadék az egyik legfontosabb éghajlati elem. A növények a vizet cseppfolyós állapotban hasznosítják, de Az egyéb halmazállapotú vizek is befolyásolják az életműködést /LŐRINCZ et al 1978./. A növények a vizet a talajból veszik fel, ezért a víz egyben talajtényező is /FERENCZ 1999./. A növényi tápanyagellátottság jelentős mértékben a rendelkezésére álló vízmennyiség függvénye, a nagyobb termés velejárója a nagyobb vízfelhasználás /KOVÁCS GÁBOR et al 1968./. Hazánk a víz mennyiségét és a minőségét tekintve is a gazdag területek közé tartozik / LÉNÁRT 2005./.

A téma felvetése

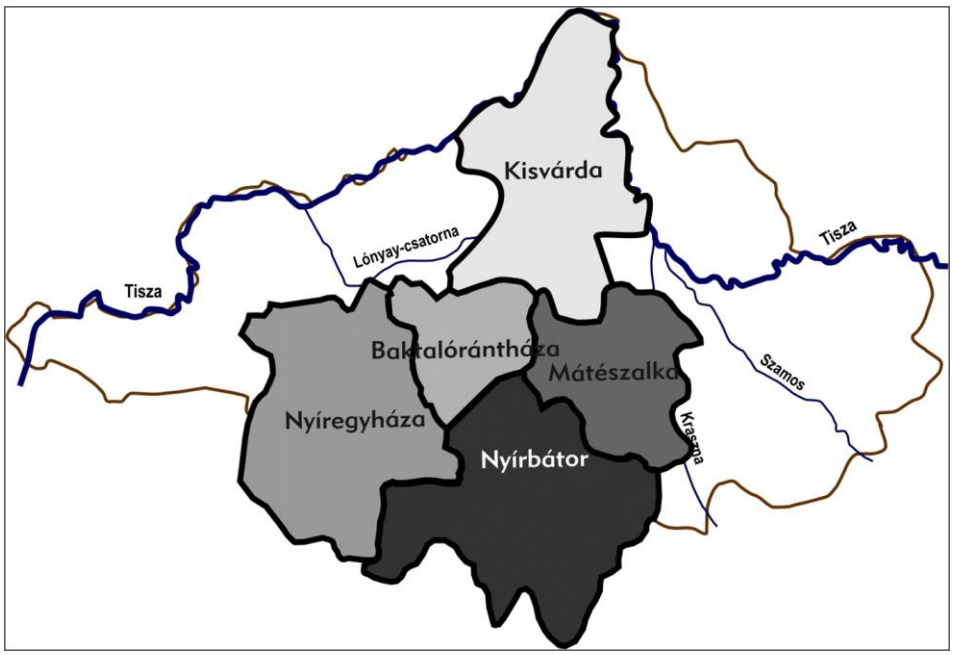
Magyarország éghajlata szélsőséges, időjárása szeszélyes, az ariditási index >1.5-<1.1 közötti. Hazánkban nyári csapadékmaximum és téli -minimum a jellemző /SZÁSZ et al 1997./. Talajaink vízkészlete tavasszal a legnagyobb, amiből az egyes növények a betakarításig különböző mennyiséget használnak fel. Az extenzív növénytermesztés vízigénye az országban szinte mindenhol kielégítődik, ugyanakkor az éghajlati trend a csökkenő csapadék irányába hajlik. Az intenzív termelés nagyobb mennyiségűt és kedvezőbb eloszlásút kíván /KOVÁCS GÁBOR et al 1968./. A vegetáció során az aszály bármely formája - talaj-, légköri- és fiziológiai- - egyránt felléphet /SZÁSZ et al 1997./. A vízhiány pótlására az agrotechnikai módszerek mellett a leghatásosabb lehetőség az öntözés /FERENCZ et al 1999./. Öntözni szükséges ahol a csapadék nem biztosítja a növényzet fejlődéséhez az optimális nedvességtartalmat, öntözést kiépíteni azonban csak ott lehet, ahol megfelelő minőségű, hozzáférhető és elegendő vízkészlet áll rendelkezésre /KOVÁCS GÁBOR et al. 1968./. Az öntözéses gazdálkodás kifejezetten ott eredményes, ahol a növénytermesztés és vízgazdálkodás szempontjából a legjobb talajaink vannak / SZALAI 1987./.

A Nyírség az Alföld természeti nagytájegységünk része. Az itt öntözésre berendezett területek nagy részén volt dohánytermesztők, illetve intenzív gyümölcsöst művelők gazdálkodnak. A felhasznált víz néhány felszíni vízforrástól eltekintve a 20-40 m mélységben fellelhető rétegvízre települő csőkutakból származik. Dolgozatunkban a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálatnál fellelhető vízvizsgálati eredménylapokat adatbázisként használva vontuk vizsgálat alá a nyírségi öntözőkutakból származó vizeket: milyen azok minősége az alábbi kistájak területén

- Felső–Nyírség/Kisvárda,
- Középső–Nyírség/Baktalórántháza,
- Alsó–Nyírség/Nyíregyháza,
- Nyírbátori kistáj,

- Mátészalkai kistáj.

A területi elhelyezkedést térképszerűen szemléltetjük /1. ábra/.



1. ábra

Vizsgálati anyag és módszer

Hazánkban az öntözéses gazdálkodás bár a művelt területek nagy százalékát soha nem érintette, hosszú múltra tekint vissza /KOVÁCS GÁBOR et al 1968./. A növénytermesztők egységnyi területen a minél nagyobb termés elérésére törekednek, ami egyben a vízkészlet szinte teljes kihasználását is jelenti. Mára bebizonyosodott, az öntözés akkor is hasznos lehet, ha csak a lehetősége van meg a vízfelhasználásnak, mert annak biztonságában olyan növények is termesztésbe vonhatók, amelyekre a szárazgazdálkodás körülményei között soha nem szabad vállalkozni / FERENCZ et al 1999./. Ilyen okok miatt az öntözés kiépítése Szabolcs–Szatmár–Bereg megyében is jól érzékelhetően felértékelődik, napjainkban nő a vízigény /KOVÁCS GÉZA et al 2005./

Öntözéskor a kiadagolt vizet a talajba juttatjuk, és azt a növény a talajon keresztül veszi fel. Jó termés elérésére a növény vízigényét minden időszakban ki kell elégíteni a talaj megfelelő mennyiségű diszponibilis - DV -vízkészletével /FERENCZ et al 1999./. Az öntözés során mindig a növény-talaj-víz hármas kölcsönhatást kell szem előtt tartani /DARAB et al, 1969./, amiben az öntözött területek természetföldrajzi tulajdonságai meghatározóak.

A Nyírség természetföldrajza

A Nyírség az ország egyik legnagyobb összefüggő homokterülete. Kiterjedése meghaladja a 400.000 ha-t, amelynek 85 %-a alacsony humusztartamú /STEFANOVITS 1992. /. A táj ásványi nyersanyaga a Tisza folyó és északi mellékfolyóinak hordalékából származik. A talajképző kőzet a Kárpátokból a folyók által lesodort törmelékkúp anyagán épült fel, és azok az egyes földtörténeti korokban különböző hatásoknak voltak kitéve. A jelenlegi hullámos felszín a szél hatására jött létre. Az elhagyott folyómedreket a szél homokkal töltötte fel. A táj domborzatára az észak-dél irányú dombvonulatok, szélbarázdák, deflációs mélyedések és nagyobb, laposabb felszínek a jellemzőek. A homokvonulatok közötti laposokban réti talajok alakultak ki. A Nyírség talajgenetikai rendszerezését STEFANOVITS 1953-ban végezte.

Az öntözés a Nyírségben jellemzően a homok fizikai féleségű talajokra koncentrálódik.

1. táblázat. A Nyírség homok fizikai féleségű genetikai talajtípusainak megoszlása

sorszám	**Talajtípus vagy altípus**	**kód**	**Terület / ha /**
1.	**Kovárványos barna erdőtalaj**	140	156 500
2.	Futóhomok	040	67 150
3.	Humuszos homok	050	23 440
4.	Ramann-féle rozsdabarna erdő	132	10 150
5.	Csernozjom jellegű homok	160	1 640

A vizsgálatba vont területek talajainak általános talajtani alap-paraméterei a következők :

- savanyú - erősen, akár gyengén savanyú - kémhatás,
- igen alacsony - alacsony humusztartalom, aminek a nitrogénszolgáltatása genetikai kategóriájában is gyenge,
- a fizikai féleség homok,
- a leiszapolható rész mennyisége 5-10-15 %-nyi,
- bázistelítetlen /erősen, közepesen, gyengén/.

A talaj vízháztartása meghatározza a talaj levegő- és hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és ezeken keresztül a tápanyag-gazdálkodását /VÁRALLYAI /2005./. Az öntözött nyírségi homok talajok vízgazdálkodási sajátosságai : nagy víznyelésű és vízvezetőképességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok – II. vízgazdálkodási kategória.

2. táblázat. II. számú vízgazdálkodási kategória jellemzői

Vízgazd. kat.	**Vízkap. tf %**	**Diszpon. víz Vk %**	**Vízny. kép.mm/ó**
II.	16 - 24	50 - 60	>300

A Nyírségben a globális földrajzi elhelyezkedés következtében az éghajlat mérsékelten enyhe szárazföldi, atlanti és mediterrán hatással. Az átlagos aridítási tényező 1.49. A sokévi éves közepes léghőmérséklet 9.7 Cº /Nyíregyháza/, ami a párolgás útján jelentősen befolyásolja a vízkörforgás intenzitását, valamint hatással van a csapadék halmazállapotára. A tájegységen belül a csapadék területi megoszlásában nem túl jelentős, de érzékelhető különbségek vannak. Az évi minimumok területi átlaga 385 mm, a maximumoké 912 mm. Az évi átlagos közepes vízhiány 100–125 mm.

3. táblázat. A havi átlagcsapadék alakulása a nyírségi körzetekben (me: mm)

körzet	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	évi
Kvárda	36	35	31	43	55	73	71	58	49	44	46	49	589
Blháza	29	29	29	43	55	71	69	53	48	41	36	38	540
Nyháza	30	32	30	44	56	73	67	60	44	37	46	45	563
Nybátor	40	37	33	46	61	82	65	58	45	40	51	54	612
Mszalka	38	37	33	44	61	79	70	57	48	40	46	52	607

Az öntözővíz

Öntözővíz az a víz, amely fizikai, kémiai és bakteriológiai tulajdonságainál fogva alkalmas a növények vízigényének kielégítésére/ DÉGEN et al 1970./. A víz akkor alkalmas öntözésre, ha nem túl hideg, elegendő oxigént tartalmaz, és sem a növényre, sem a talajra ártalmas anyagok nincsenek benne / DOBOS et al 1964./. Az öntözővizek minőségét, azaz felhasználhatóságát meghatározza, hogy a víz és a vízzel szállított oldott anyagok egyrészt közvetlenül hatnak a termesztendő növény fejlődésére, víz- és ionfelvételére, másrészt pedig közvetve a talajjal való kölcsönhatás eredményeként alakítják a talajképződési folyamatokat /DARAB et al, 1969./. Az öntözővíz talajkémiai hatása elsősorban a benne oldott sók összes mennyiségétől és minőségétől, valamint a talaj tulajdonságaitól és az éghajlattól függ, de nem közömbös a kiadagolt víz mennyisége, az öntözés módja és gyakorisága sem / Dr. FILEP 1999./. Öntözővízként használható a csapdékvíz, a forrásvíz, a folyók és patakok vize, a tavak vize, a tározott csapadék és kútvizek /OROSZLÁNY 1965./. A vízben oldott ásványi sók mennyisége és aránya jellemző a víz származási helyére, a vízadó rétegre /DÉGEN et al 1970./. Az öntöző-telep nagysága függ a rendelkezésre álló víz mennyiségétől /DOBOS et al 1964./, ugyanakkor a mezőgazdasági vízfelhasználás az öntözési igény függvényében akár évente ingadozó /THYLL et al 1996./ is lehet. Hazánk vízkészletei kb. 1 millió hektár öntözését teszik lehetővé, ami a mezőgazdasági művelés alatt álló területek 16 %-a /SZALAI 1987./.

A vízszerzés céljára létesített csőkúttal ritkán talajvíz, gyakrabban rétegvíz kerül kitermelésre. Rétegvíz a talajvízszint alatt vizet át nem eresztő rétegek között helyezkedik el, néhol több szintben is, ugyanakkor előfordulnak rétegvíz-

mentes területrészek is. A készletekből származó vizek hőmérséklete magasabb, mint a talajvízé és azzal ellentétben szinte soha nem fertőzöttek. A rétegvíz közvetlen vagy közvetett kapcsolatban van a felszíni vízzel, így táplálhatja a csapadék, tavak és felszíni vízfolyások, vagy akár izzadmányvizek is. A rétegvizek mozgása korlátozott lehet vízszintes és függőleges irányban egyaránt / JUHÁSZ 1987. / A vízzáró rétegek kiékelődése, vagy a vízvezető rétegbe települt agyaglencse esetén a talajvíz és a rétegvíz közötti elhatárolódás összemosódik. Öntözés céljára való felhasználhatóságukat megszabja a térszín alatti mélység / SZÁSZHELYI et al 1964. /.

Az öntözővizek minősége az alábbi kémiai paraméterekkel jellemezhető:

- az összes oldott sótartalom,
- a szódaegyenérték /Sze/,
- az effektív Ca+Mg tartalom,
- a víz relatív Na-tartalma / Na %/,
- a Na-adszorpciós arány /SAR/,
- a Mg-ionoknak a Ca-hoz viszonyított relatív mennyisége /Mg%/ /

FILEP 1999./

Vizsgálatainkat mi az alábbi paraméterekre terjesztettük ki: pH, vezetőképesség, oldott só, Na%, Mg%, SAR-érték, Fe^{2+}-, Mn^{2+}-, NH_4^+- és NO_3^-ionok. Az utóbbi kettő a kutak környezetvédelmi állapotának megítélése szempontjából fontos..

Eredmények és azok értékelése

Az öntözővizek meghatározott időintervallumon belül mindenképpen vizsgálatra kerülnek. Első alkalommal a kút termelésbe való átadása előtt, majd a talajvédelmi hatóság előírásainak megfelelő rendszerességgel, az öntözött talaj felülvizsgálatához kapcsolódóan, ezért öt évente legalább egyszer. Alapadataink között néhány kút több mintavételi időpontból származó vizsgálati paraméterrel is szerepel. Ahhoz azonban nem állt rendelkezésre elegendő anyag, hogy az eredetileg megfogalmazódott kérdés, a - Hogyan változnak adott kút vizének kémiai paraméterei az egyes mintavételek között? téma vizsgálható legyen.

Öntözővíz vizsgálatot az országban sok laboratórium végez, a vizet használók tetszőlegesen választhatnak közöttük. Nem egységes a vizsgált kémiai paraméterek köre. A legteljesebb vizsgálati eredménylapot az egységes irányítás alatt álló Növény- és Talajvédelmi Szolgálatok Talajvédelmi Laboratóriumai szolgáltatnak. A későbbiekben a vizsgálatra egységes utasítást ad a 29/2006. /IV. 10./ FVM rendelet a talajtani szakvélemény készítésének részletes szabályairól. 2. 7. pontja tételesen rögzíti a vizsgálatra kerülő paramétereket és a határértékeket, megkönnyítve az értelmezést. A nitrát- és ammónium-ion mért értékeit a 10/2000. / VI. 2. / KöM-EüM-FVM együttes

rendelet - a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről - B szennyezettségi határértékéhez kell viszonyítani.

Vizsgálatainkban az értékeléshez a Hajdú-Bihar Megyei NTSZ laboratóriumában készült eredménylapokat használtuk. Kistájanként 10 db /Mátészalka/ - 60 db /Nyíregyháza/ öntözővíz-minta állt rendelkezésünkre mintegy 10 évet - 1995-2005. éveket - átölelően. A kevesebb mintaszámhoz egyértelműen kevesebb öntözőkút és öntözőtelep tartozik.

Szükséges szót ejteni a mintavételről is: bár az öntözővíz kémiai beltartalma egyértelműen függ a mintavétel szakszerűségétől, azt bárki – a kút tulajdonosa, használója, talajtanos szakember, stb. – elvégezheti. Így mintavételre kerülhet, tehát öntözővíz-minta lehet a csőrendszerben pangó víz, vagy a kellően átmosatott rendszerből frissen kifolyó, esetleg az egyes öntözőtelepekhez szervesen kapcsolódó levegőztető tó vize is. A mintákat a vizsgálatok elvégzésig a laboratóriumokban sem stabilizálják az egyszerű hűtőszekrényben való tároláson kívül. Az állás során a vas- és mangán-ionok oxidációt szenvedve kissé opálossá teszik a vizet, majd az idő függvényében stabilan kiülepednek az edényzet aljára. Ezen kívűl feltételezhető a nitrát- és ammónium-ion tartalom csökkenő változása is. Mindezen bizonytalansági tényezők egyértelműen csökkentik a vizsgálatok pontosságát, bár a víz öntözésre való alkalmasságának szempontjából lényegi eltérést nem jelentenek.

Eredményeinket az alábbi összefoglaló jellegű táblázatokban közöljük.

4. táblázat. A nyírségi kistáji öntözőkúti vizek kémiai paramétereinek értékei és viszonyuk a vonatkozó határértékekhez

4/1. táblázat

	pH	Vezkép.	oldott só	Na %	Mg %
Kvárda	7,33	0,470	418	9.69	27.52
Blháza	7.39	0.430	389	9,62	20.75
Nyháza	7.43	0.550	496	14.02	26.41
Nybátor	7.39	0.410	390	12.52	29.59
Mszalka	7.13	0.560	453	10.68	29.92
Hat.érték	**6.5-8.4**	**0.625**	**500**	**40**	**50**

4/2. táblázat. (me: mg/kg)

	SAR	NH_4^+	Fe	Mn	NO_3^-
Kvárda	0.35	1,43	0,75	0.25	1.81
Blháza	0.33	1.71	0.44	0.31	1.31
Nyháza	0.56	1.43	0.78	0.32	7.85
Nybátor	0.43	1.00	0.98	0.38	0.83
Mszalka	0.40	0.67	0.58	0.3	22.3
Hat.érték	**1.50**	**0.50**	**1.50**	**1.50**	**20**

Az alapadatok feldolgozásával kapott értékek a víz egységes eredetére utalnak. Minden paraméter szempontjából olyan nagy a hasonlóság, hogy a kistájak egyedi átlagértékei a Nyírség nagytáj egységes jellemzőjévé összevonhatók. Az átlagértékeket összevetettük a hatályos jogszabályokban rögzített határértékekkel.

5. táblázat. A nyírségi kistájakról származó öntözővizek kémiai paramétereinek vizsgálati átlagértékei

5/1. táblázat

	pH	Vezkép.	oldott só	Na %	Mg %
NYÍRSÉG	7.33	0.480	429	11.36	26.84
szórás	0.120	0.061	40.76	1.92	3.701

5/2. táblázat. (me: mg/kg)

	SAR	NH_4^+	Fe	Mn	NO_3^-
Átlag	0.41	1.25	0.71	0.31	6.82
szórás	0.907	0.411	0.206	0.047	9.111

Értelmezve a fenti táblázatokban bemutatott értékeket, megállapítható: a Nyírségben használt öntözővizek semleges kémhatásúak, alacsony a vezetőképességük és alacsony a bennük mérhető oldottsó tartalom, nátrium százalék, magnézium százalék, nátrium adszorpciós arány, valamint a vas- és mangánszint is. A nitrát mennyisége össz-nyírségi átlagban egy körzet, a Mátészalkai kistáj kivételével nem éri el az érvényben lévő jogi korlátokban meghatározott értéket, azonban az ammónium-tartalom mind az öt térségben meghaladja azt 134 – 342 % közötti mértékben.

Ugyanakkor lényegesnek tartjuk a szélsőértékek megismertetését is. Így már kevésbé egységes a kép, mert az alapadatok között többszázszoros eltérések is fellelhetők /pl. az oldott só a kisvárdai tájegységben, stb./, amiben mintavételi hiba, illetve egyéb, a beltartalomtól független okok is megnyilvánulhatnak.

6. táblázat. A nyírségi kistájak öntözővízi kémiai paramétereinek vizsgálati szélsőértékei

paraméterek	Kisvárda	Blháza	Nyháza	Nybátor	Mszalka
pH átlag	7.33	7.38	7.43	7.39	7.13
max	7.90	7.78	8.64	7.97	7.79
Min	5.70	6.67	6.45	6.32	6.62
Vezkép. átl.	0.470	0.430	0.550	0.410	0.560
max	0.880	0.573	2.000	0.570	1.110
Min	0.114	0.320	0.117	0.179	0.251
Oldt só átlag	418	389	495	390	453
max	797	511	1602	538	758
Min	98	296	108	142	234
Na % átlag	9.69	9.63	14.02	12.52	10.68
max	18.4	14.7	39.57	15.88	14.71
Min	1.00	5.42	4.41	6.33	6.40
Mg % átlag	27.52	20.75	26.41	29.59	29.92
Max	42.1	25.97	61.40	38.31	42.27
Min	6.11	14.54	16.32	19.12	20.26
SAR átlag	0.35	0.33	0.56	0.43	0.40
Max	0.95	0.58	2.35	0.60	0.69
Min	0.02	0.17	0.09	0.18	0.17
NH_4^+ átlag	1.43	1.71	1.43	1.00	0.67
Max	5.45	2.90	7.06	2.18	1.73
Min	0.10	0.24	0.10	0.04	0.10
Fe átlag	0.75	0.44	0.78	0.98	0.58
Max	3.97	2.30	6.08	3.51	2.54
Min	0.004	0.01	0.004	0	0.04
Mn átlag	0.25	0.31	0.32	0.38	0.30
Max	0.81	0.52	1.09	0.72	0.46
Min	0.08	0.1	0.004	0.07	0.18
NO_3^- átlag	1.81	1.31	7.85	0.83	22.30
Max	11.5	2.83	177	6.47	129
Min	0	0.1	0	0.01	0.03

A fentieken túl az Alsó-Nyírség/Nyíregyháza DNY-i részén fellelhetően van még egy kút, ami az átlagba be sem vonható. Vizének többször is megismételt vizsgálatai a következő értékeket mutatják: pH 7.50, fajlagos-vezetőképesség 1.378, oldott só 1100 mg/l, Na % 64.89, Mg % 53.51, SAR 7.04, NH_4-ion 2.29 - , Fe 2.93 - , Mn 0.26 - és NO_3-ion 0.04 mg/l. Beltartalmi paraméterei következtében a víz öntözésre alkalmatlan. A probléma felszínre kerülése véletlenszerű, hisz egy gazdálkodó tervezett öntözéséhez - sikertelenül - csőkutat fúratott. A területi kiterjedés nem nagy, a folt lehatárolhatóan szinte csak Geszteréd község határának É-i részére korlátozódik, és a közelben a néhány száz méterrel távolabb fúrt kutakra már nem jellemző. A jelenséget részben

magyarázza, hogy az adott terület nem távoli környezetében fellelhető szikes jellegű talajfolt, de az okokat szélesebb körű vizsgálattal kellene feltárni.

Következtetések, javaslatok

Az írásos szakmai közlések alapján az elmúlt években az öntözővizek minőségének romlása érzékelhető párhuzamban a fokozódó növényminőségi és környezetvédelmi előírásokkal.

Vizsgálataink alapján a Nyírségben üzemelő csőkutak vizének beltartalmára vonatkozóan az alábbi következtetést tudjuk levonni: a használt öntözővizek vizsgált kémiai paraméterei kiválóak. Alkalmasak lennének akár bármely vízgazdálkodási paraméterrel rendelkező talaj öntözésére. A bennük esetenként fellelhető nitrogénformák a mért mennyiségben a növénytáplálás szempontjából kedvezőek, ugyanakkor a jogi szabályozás miatt már szennyezésnek minősülnek.

Ismerjük a nyírségi öntözőkutak térbeli elhelyezkedését és környezetét, nagy részének még területi előéletét is. Munkánk során találkozunk védőkerítéssel körbevett, műszakilag gondozott, évente festett vízművel, ugyanakkor gyakori a védőburkolat nélküli, elhanyagolt kútfej. Elrettendő példa a talajszinten letört, évek óta fedetlen csővég. Adott csőkutakhoz rendelve a kapott laborvizsgálati eredményeket egyértelműen megállapítható, hogy a burkolat és gondozottság sem biztosít mentességet a víz magas ammóniun- és nitrát-ion tartalmától. Szándékos szennyezés azonban sehol nem feltételezhető. Felvetődik a kérdés: körültekintően megválasztottak-e az ide vonatkozó érvényben lévő határértékek?

A szakmai okokat tekintve a felelősség alól nem mentesítheti a gazdákat, hogy a kiépített öntözőmű vagyonvédelme igen kétséges. A helyzet normalizálására a hatóságok felé javasoljuk a csőkutak műszaki kultúrállapotának rendszeres ellenőrzését.

Felhasznált irodalom

Darab Katalin-Ferencz Kálmán, 1969: Öntözött területek talajtérképezése, OMMI, Bp.

Dégen Imre és szerzőtársai, 1970: Vízgazdálkodási lexikon, Mg. Kiadó Bp.

Dobos Zoltán és szerzőtársai, 1964: Növénytermesztési alapismeretek, Mg. Kiadó, Bp.

Ferencz Kálmán-Ferencz Géza, 1999: A talaj művelése, öntözés, javítása, Mg. Szaktudás Kiadó, Bp.

Filep György, 1999: Talajtani alapismeretek II. DE ATC, egyetemi jegyzet.

Fórizs Józsefné-Dr. Margittay Milkós, 1987: Szabolcs-Szatmár megye agroökológiai potenciál számításának talajtani és agronómiai alapjai, MÉM NAK, Bp.

Juhász József, 1987: Hidrogeológai, Akadémiai Kiadó, Bp.

Kerényi Attila, 1998: Általános környezetvédelem, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged.

Kovács Gábor és szerzőtársai, 1968: Az öntözés kézikönyve, Mg. Kiadó, Bp.

Kovács Géza-Csathó Péter, 2005: A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között, MTA TAKI, Bp.
Lénárt Csaba, 2005: Komplex környezeti modellek alkalmazása a térinformatikában, DEAC, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen.
Lőrincz József és szerzőtársai, 1978: Földműveléstan, Mg. Kiadó, Bp.
Magyarország kistájainak katasztere
Moser Pál-Pálmai György, 1999: A környezetvédelem alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp.
Németh Tamás és szerzőtársai, 2005: A talaj vízgazdálkodása és a környezet, MTA TAKI, Bp.
Oroszlány István, 1965: Vízgazdálkodás a mezőgazdaságban, Mg. Kiadó, Bp.
Papp Ferenc-Dr. Kertész Pál, 1979: Geológia, Tankönyvkiadó, Bp.
Sántha Attila, 1996: Környezetgazdálkodás, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp.
Stefanovits Pál és szerzőtársai, 1977: Talajvédelem, környezetvédelem, Mg. Kiadó, Bp.
Stefanovits Pál, 1992: Talajtan, Mg. Kiadó, Bp.
Szász Gábor-Tőkei László, 1997: Meteorológia, Mg. Kiadó, Bp.
Szászhelyi Pál és szerzőtársai,1964: Öntözés kutakból, Mg. Könyv- és folyóiratkiadó Váll., Bp.
Thyll Szilárd, 1996: Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban, Mg. Kiadó, Bp.
Tisdale S. L.-Nelson W.L.,1966: A talaj termékenysége és a trágyázás, Mg. Kiadó, Bp.
Vermes László és szerzőtársai, 1997: Vízgazdálkodás, Mg. Szaktudás Kiadó, Bp.

Az agrár-környezetgazdálkodási célprogramban résztvevő területek toxikus-elem tartalmának alakulása Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében

[1]Leviczkyné Dobi Mária – [2]Dr Vass Eulália
[1] talajtani és környezetvédelmi szakértő, AGROMECHANIKA KKT Nyíregyháza-Sóstóhegy;
[2] talajtani és agrárkörnyezetgazdálkodási szakértő, Nyíregyháza – Sóstógyógyfürdő

Összefoglalás

Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében több mint 3500 termelő vállalta a Nemzeti Vidék-fejlesztési Tervben foglaltak alapján az agrár-környezetgazdálkodási célprogramokban való részvételt. A támogatásban részesített földterületeken a tápanyag-gazdálkodást ötévente talajvizsgálatra kell alapozni. A vizsgálati megkötések, a vizsgálandó paraméterek köre az egyes programokhoz igazodik, így az integrált- és ökológiai termesztésben az alábbi 8 db toxikus elem ismerete is kötelező: króm, nikkel, réz, cink, arzén, kadmium, higany és ólom. Ezek az elemek akár kis mennyiségben az élő szervezetbe kerülve akut vagy krónikus egészségkárosodást, illetve mérgezést okoznak.

Akkreditált laboratóriumokban végzett vizsgálati eredményekből szaktanácsadóként a gazdálkodók felkérésére a területekre adaptált tápanyag-gazdálkodási terveket készítünk. A rendelkezésünkre bocsátott mérési eredmények értékelése során adódott a feladat: hogyan alakul Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében a vizsgált toxikus elemek térbeli elhelyezkedése.

Az értékeléshez a talajtani paraméterek nagyfokú egyezősége alapján az alábbi öt térséget jelöltük ki: Dél-Nyírség, Észak-Nyírség, Rétköz, Szatmár és Bereg.

A talajminták laborvizsgálata még jelenleg is folyik. Az eddigi feldolgozottság alapján eredményként az alábbiakat kaptuk: a nyírségi homok fizikai féleségű talajokon és a Rétközben a réz, az arzén, az ólom, a króm és a cink mennyisége a rendeletben megengedett határérték alsó harmadában halmozódik, a nikkel pedig a középérték alatt van. A beregi és szatmári kötött talajokon az ólom és a réz hasonló értékeket mutat mint az előzőekben említett homoktalajokon, míg a nikkel a felső megengedett határértékhez közelít. Ezzel szemben a króm, az arzén és a cink a méréstartományban nagy szórást mutat ezekben a tájegységekben. A higany és a kadmium vizsgálati eredményei a megye egész területén igen kevés kivételtől eltekintve a vizsgálati kimutathatóság alattiak, ezért azokat kihagytuk az értékelésből.

Eddigi eredményeink szakmai közönség elé bocsátását figyelemfelkeltésnek szántuk, még nem alkalmas végleges következtetések levonására. A téma a folyamatosan készülő vizsgálati eredmények bevonásával és egyéb paraméterek figyelembe vételével, (pl. összefüggések a pH, kötöttség, bázistelítettség, stb.) további feldolgozást kíván, amiből nem maradhat ki a TIM-pontok vizsgálatsorának beépítése sem.

Summary

More than 3500 producer in Szabolcs-Szatmár-Bereg County volunteered for the participation in the agro-environmental-management program based on the National Development Plan of Regions. On the farms receiving financial support, the intake-management has to be based on soil examination made every five years. The frames and parameters of the examinations are determined by the certain programs, so in the integrated and ecological production it is compulsory to identify the following 8 toxic elements: chrome, nickel, copper, zinc, arsine, cadmium, mercury, and lead. These elements, when getting into the living organs even in small quantities can cause acute or chronic health damage and intoxication.

As advisors, based on examination results gained in accredited laboratories, for the request of farmers we prepare intake-management plans adapted for the certain farms. During the evaluation of the provided measurement results, our task was to determine the spatial situation of the examined toxic elements in Szabolcs-Szatmár-Bereg County.

Based on the significant conformity of pedologic parameters, to make the evaluation easier, we determined following five regions: South-Nyírség, North-Nyírség, Rétköz, Szatmár and Bereg.

The laboratory examination of the soil samples is even currently in progress. The so far processed data give the following results: in the sand physical type soils in the Nyírség and in the Rétköz the quantity of copper, arsine, lead, chrome, and zinc is in the lower tierce of the limiting value allowed by the decree, and nickel is under the mean value. On the hard soil of the Bereg and Szatmár regions, lead and copper shows very similar results as on the above mentioned sand soils, while nickel is close to the upper legal limit. On the contrary, chrome, arsine, zinc in the measurement range shows significant deviation in these regions. The examination results of mercury and cadmium with some exceptions are under the demonstrability level, that's why these were left out from the evaluation.

We intended to show the so far explored results to the expert public with the intention of turning the attention; however, it is not yet appropriate to draw reliable consequences. The subject requires further elaboration, based on the continuous examination results and the considering of other parameters (e.g. correlations between pH, soil hardness, base saturation, etc.), while also encasing the examination results of TIM-points.

Bevezetés

A környezeti alapprobléma

Az élőlényekkel együtt az ember is része a természetnek, szerepe azonban minőségileg különbözik attól /RAKONCZAY 1998./, mert létének biztosítására, igényeinek kielégítésére termelő tevékenységet folytat /KERÉNYI 1996./. Mindezek közben sokszor szándéka ellenére módosítja környezetét. A változások többnyire térben és időben eltolódva visszahatnak, ami egyaránt lehet káros vagy hasznos /MOSER-PÁLMAI 1999./. A káros hatások összessége a

környezetszennyezés, tehát azok a talaj, a víz, és a levegő fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságaiban bekövetkezett változások, amelyek az ember és más élőlények egészségét, fennmaradását, illetve tevékenységét kedvezőtlenül befolyásolják /THYLL et al 1999./. Napjainkra a szennyezés olyan mértéket öltött, hogy felvetődik a kérdés: képes lesz-e az emberiség lélekszámának növekedését, termelő és fogyasztó tevékenységét úgy szabályozni, társadalmát úgy megszervezni, hogy az a milliárd évek alatt kialkult egységes földi rendszerrel összhangban működjön? /KERÉNYI 1996./. A megoldást célzó tudatos, szervezett és intéz-ményesített emberi tevékenység a környezetvédelem /LÁNG et al 1993./. Nem elegendő azonban a veszélyt felismerni, a lehetőségek kihasználásával gátat kell vetni a további rombolásnak /RAKONCZAY 1998./.

A Földön a geokémiai háttér viszonylag stabil. Az elemek gyakorisága és biológiai fontossága között csak az esetek egy részében lehet egyértelmű összefüggést találni /Dr PAIS 1980./ Az emberi tevékenység jelentősen megváltoztatta a biogeokémiai ciklusban a természetes egyensúlyt, nagyobb mennyiségű kémiai elem mobilizálódik a környezetben /SZEGEDI 1999./.

A talajban lévő nyomelemek hatása termesztett növényeinken indulva a táplálékláncon - növény-állat-ember- keresztül az emberiségig ér, és egyes növényekben nagy mennyiségű nehézfém halmozódhat fel látható toxicitási tünetek nélkül /ANTON et al 1999./. Közülük egyeseknek közepes vagy súlyos toxikus hatása van krónikus betegséget kiváltva, termékenységi zavart okozva, és szív-, ér- vagy idegrendszeri eltérést idézve elő /LOCH 2006./. A probléma napjainkban már regionálisan és/vagy globálisan jelentkezve a földi élet alapjait veszélyezteti / KÁDÁR 1991./. Élelmiszer növények nem termeszthetők szennyezett talajokon. Az egészséges élelmiszerek előállításának tehát feltétele, hogy az adott körzetek talajának és a rajta termett élelmiszer növények nehézfém-szennyezettsége ismert legyen / CSATHÓ 1994./.

A téma felvetése

A gazdálkodók 2004. év késő őszén ismét lehetőséget kaptak, hogy pályázati anyagot nyújtsanak be az agrár-környezetvédelmi és vidékfejlesztési támogatások igénybevételére. Szabolcs-Szatmár megyében több mint 3500 termelő vállalta a meghírdetett célprogramokban előírtaknak megfelelő gazdálkodást. A bekerült földterületeken a tápanyaggazdálkodást öt évente talajvizsgálatra kell alapozni.A vizsgálati megkötések / a vizsgálandó paraméterek köre / az egyes célprogramokhoz igazodnak, így az integrált- és bio-termesztési módban az alábbi 8 db toxikus elem vizsgálata is kötelező: króm, nikkel, réz, cink, arzén, kadmium, higany és ólom. Ezek fémek vagy félfémek, amelyek akár kis mennyiségben az élő szervezetbe kerülve akut vagy krónikus egészségkárosodást, illetve mérgezést okoznak.

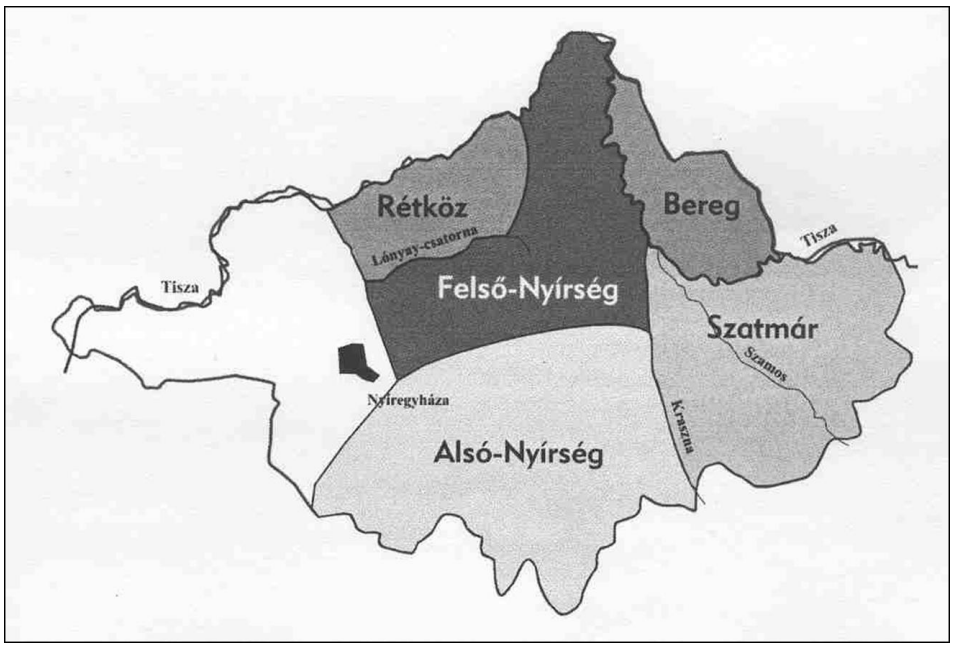
Az akkreditált laboratóriumok még most is folyamatosan végzik a begyűjtött talajminták elemzését. A vizsgálati eredményekből a gazdálkodók felkérésére

szaktanácsadóként területekre adaptált tápanyag-gazdálkodási terveket készítünk. A rendelkezésünkre bocsátott mérési eredmények értékelése során adódott a kérdés: hogyan alakul Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében a vizsgált toxikus elemek térbeli elhelyezkedése?

A megye területét a nagyüzemi gazdálkodás idején a talajtani és agrokémiai termőhelyi tulaj-donságok számbavételével tíz kistájra tagolták. Napi szinten ismerve a talajtani adottságokat, a meghatározó talajtani paraméterek nagyfokú egyezősége folytán vizsgálatainkban az alábbi öt térséget különböztetjük meg :

1. Dél-Nyírség,
2. Észak-Nyírség,
3. Rétköz,
4. Szatmár,
5. Bereg.

Ugyanakkor kihagytuk az elemzésből a megye NY-i részén fekvő, összefüggõ sávban löszös alapon létrejött csernozjom talajú Tiszavasvári-kistáját, ahonnan a vizsgálatokhoz nem állt rendelkezésünkre elegendő alapadat.



1. ábra. Szabolcs-Szatmár-Bereg megye térképe

Anyag és módszer

A természeti erőforrások egyike a talaj, ami tárgya és alanya is egyben a mezőgazdasági termelésnek. Magyarországon a termőföld kiemelt szerepű, mert nemzeti vagyonunk közel egyharmadát képviseli /PÁLMAI 2002/. A talaj

feltételesen megújuló természeti erőforrás/ THYLL et al 1996./, melynek mennyiségi és minőségi védelme társadalmi feladat /SÁNTHA 1996./. A talaj legfontosabb tulajdonsága a termékenység, ami folytán képes tápanyaggal és vízzel ellátni a növényeket, miközben támasztékul és élőhelyként is szolgál /LÁNG et al 1993./. A táplálékláncalapját képezve komlpexen biztosítja az életfeltételeket /SÁNTHA 1996./. A talajokat napjainkra két veszély fenyegeti: a degradáció és a szennyeződések /TARACZKÖZY 2003./. Az emberi tevékenység jelentősen megváltoztatta a biogeokémiai ciklusban a természetes egyensúlyt, nagyobb mennyiségű kémiai elem mobilizálódik a környezetben /SZEGEDI 1999./. A talaj képes pufferolni egy határig Azt a terhelést, kapacitását azonban túllépve maga is szennyező forrássá alakul /KÁDÁR 1995./.

A mikroelemek szempontjából a talajt, a növényt, az állatot és az embert csak teljes egységében szabad vizsgálni /Dr PAIS 1980./.

Szabolcs-Szatmár-Bereg megye talajadottságai

Megyénkben a talaj nagyfokú változatosságot mutat, a talajtípusok és altípusok tekintetében az összetétel nagyon változatos, és országos szinten is kiemelkedő. A futóhomoktól az öntés és réti talajokig összesen 28 féle talajtípus található meg itt. Uralkodóként 14 jelölhetõ meg, ezek adják a terület 80 %-át, míg a továbbiak inkább csak kisebb foltokban fordulnak elõ.

A megye középsõ részére szinte teljes egészében a homok a jellemzõ. Ez a terület a Nyírség, ami az ország egyik legnagyobb összefüggő savanyú homokterülete. Kiterjedése meghaladja a 400.000 ha-t, amelynek 85 %-a alacsony humusztartamú /STEFANOVITS 1992./. A táj ásványi nyersanyaga a Tisza folyó és északi mellékfolyóinak hordalékából származik. A talajképző kőzet a Kárpátokból a folyók által lesodort törmelékkúp anyagán épült fel, és azok az egyes földtörténeti korokban különböző hatásoknak voltak kitéve. A jelenlegi hullámos felszín a szél hatására jött létre. Az elhagyott folyómedreket a szél homokkal töltötte fel. A táj domborzatában az észak-dél irányú dombvonulatok, szélbarázdák, deflációs mélyedések és nagyobb, laposabb felszínek a meghatározóak. A jellemző talajtípusok a futóhomok, a humuszos homok, a kovárványos barna erdőtalaj, a Ramann-féle rozsdabarna erdőtalaj és a csernozjom jellegű homok talajok. A térségre jellemző általános talajtani alap-paraméterek:

- a fizikai féleség homok,
- igen alacsony-alacsony humusztartalom,
- a leiszapolható rész mennyisége 5-15 % közötti,
- savanyú kémhatás,
- bázistelítetlenség.

A Nyírséget nagy felülete miatt vizsgálatainkban két részre bontottuk:

- **Dél-Nyírség**re, ahol jelentősebb a durva homok fizikai féleség aránya,

- és **Észak-Nyírség**re.

Szabolcs-Szatmár-Bereg megye É-i természetes határa a Tisza folyó, és azt alulról sávban öleli a **Rétköz**, amit D-i irányból mesterségesen kialakított medrű, de állandó vízjárású csatornák - a Lónyai és a Belfő - határolnak. A mezőgazdasági műveléshez a nagyüzemi gazdálkodás idején szinte az egész térségre kiterjedően meliorációs beavatkozást végeztek. Az itt fellelhető réti- és láptalajok állandó vízborítás alatt képződtek, vagy az év nagyobb részében vízborítás alatt álltak-állnak, és a Nyírség irányából foltonként kevés homokbefúvás észlelhető. Az időszakosan túl bő nedvesség-viszonyok és a levegőtlenség hatása alatt képződött szervesanyag a talaj humuszos szintjét sötétre színezi. A humufikációhoz gyakran tőzegesedés is társul. Az "A" szint többnyire egyenletesen humuszos közepesen mély-mély, a csökkenő humusztartalmú "B " szint pedig rövid átmenetet képez az alapkőzetbe. A talaj fizikai félesége akár agyag is lehet, de a mért K_A értékeket a magas szervesanyag nagy vízelnyelő-képessége torzítja. A nem túl mélyen elhelyezkedő talajvízből a növények a száraz időszakban is megfelelő nedvesség-utánpótláshoz jutnak. A jellemző általános talajtani alap-paraméterek a következők:

- a fizikai féleség vályog, esetleg agyag,
- magas humusztartalom,
- a leiszapolható rész mennyisége 20-50 % közötti,
- a kémhatás egyaránt lehet savanyú vagy lúgos, de többnyire savanyú,
- a savanyú kémhatáshoz jelentős bázistelítetlenség társul.

A megye keleti részén, a Szatmári-Beregi síkon az öntéstalajok a meghatározóak. Az öntés-talajok a talajok hidromorf típusába tartoznak. Szelvényükben rozsdafoltok, vasszeplők - márványozottság - és egyéb vízre utaló bélyegek észlelhetők. A talajtulajdonságok, így a tápanyagszolgáltatás és a vízgazdálkodás az eredeti hordalék minőségétől függ, a Tisza folyó és mellékfolyói savanyú öntés-anyagot szállítanak. A talajok a nedves években túlvizesedhetnek, száraz években viszont kiegyenlített terméseket adnak.

Öntéseink általános talajparaméterei:

- a fizikai féleség a vályogtól a nehéz agyagig terjed,
- a humusztartalom alacsony, illetve a közepes szintet is elérheti,
- a leiszapolható rész 35-80 % közötti,
- a kémhatás savanyú,
- akár erős telítetlensége is lehet.

Két vizsgálati tájegységünk talajminőségében azonban kissé különbözik:

- a Tisza-Kraszna-határszél által körbezárt **Szatmár**ban több helyen a könnyű – homokosabb öntéstalaj-változat,

- a határszél és a Tisza folyó kanyarulata által övezett **Bereg**ben a szervesanyagban gazdagabb, nagyobb agyagtartalmú öntések a jellemzők.

A vizsgált térségekben áttekintve a talajok tulajdonságait, a termést limitáló tényezõk között elsõ helyen a talajok savanyúsága áll, melyet követ az alacsony

humusz-és tápanyag-ellátottság, illetve a kedvezõtlen fizikai összetétel és a víz-gazdálkodási tulajdonság. Mindez gátolja a mûtrágyák érvényesülését, a tápanyag-szolgáltatást, illetve gyengíti a mikrobiológiai aktivitást. A savanyú talajban könnyen felvehetővé és toxikussá válnak egyes fémionok /THYLL 1996./.

Toxikus elemek

Civilizációnk a kémiai elemek felhasználásán alapul /KÁDÁR 1995./ Az élőlények környe-zetük anyagait használva építik fel saját testüket. Az egyes elemek bonyolult körfolyamatokban vesznek részt, és a tápláléklánc során állandóan átalakulnak. A tápláléklánc elején lévő növények a tápelemeket egymástól eltérő mennyiségben igénylik, ami alapján azokat három csoportba lehet sorolni úgy, mint makroelemek, mikroelemek és ultramikroelemek. Az elemek gyakorisága és biológiai fontossága között azonban csak az esetek kis részében található egyértelmű összefüggés /Dr PAIS 1980./. Az ipari forradalom kezdete óta mind nagyobb mértékbe kerülnek be a környezetbe nehézfémek. A fémek biológiailag nem bonthatók le, az élő szervezetekben felhalmozódhatnak, és biokémiai reakciók során mérgező vegyületekké alakulhatnak át. /TARACZKÖZI 2003./ Kémiai értelemben nehézfémek azok a fémek, amelyek sűrűsége 5 g/cm^3-nél és rendszáma 20-nál nagyobb /ANTON 1999./. A talaj-növény-állat táplálékláncon keresztül a nehézfémek közvetlenül veszélyeztethetik egészségünket /KÁDÁR 1991./. Tünetként a növényeknél morfológiai elváltozásokat, anyagcsere-zavarokat, az állatoknál és embernél mérgezési tüneteket okozhatnak /KERÉNYI 1996./. A nehézfémek okozta szennyezésnél a hosszú távú hatás a jellemző KÁDÁR 1995./.

A talajképző kőzet ásványtani-geokémiai jellege meghatározza a rajta képződött talaj hasonló tulajdonságait /SIPOS et al 2005. /.

1. táblázat. A talajok átlagos nyomelemtartalma /SIPOS et al 2005. nyomán/

elem	**átlagos menny.**	**B határérték**	**felvehető %**
Cr	50 - 200	75	5
Ni	15 - 30	40	20
Cu	50 - 100	75	20
Zn	50 - 100	200	20
As	0.1 - 15	15	38
Cd	0.01 - 2	1	20
Hg	0.01 - 5	0.5	11
Pb	15 - 30	100	12

A nyomelem szennyeződés mezőgazdasági forrásai elsősorban a műtrágyák, szennyvíziszapok, szervestrágya és a peszticidek /KÁDÁR 1991./ A talajokat

nehézfémmel szennyező legjelentősebb forrásokat CSATHÓ /1994./ az alábbiak szerint csoportosítja :

1. kőzetek és ásványok,
2. trágyák - közöttük a szennyvizek és szennyvíz-iszapok -, műtrágyák és peszticidek,
3. ipari-, benne a közlekedési eredetű és bányászati hulladékok.

Az agrár-környezetvédelmi programban laborvizsgálattal mérésre kerülő kiemelt fontosságú toxikus nehézfémek viselkedése az egyes elemek vonatkozásában az alábbiakkal jellemezhetők /ANTON et al 1999./ :

Króm – Cr - nem esszenciális mikroelem. A talajban több formában is fellelhető, és a különböző oxidációs fokú változatok közül a Cr^{6+} a toxikusabb. Összes mennyiségének csak kis hányada vízoldható, ezért a növényekben rosszul transzlokálódik. Rákkeltő hatású.

Nikkel – Ni - stabilan kötődik a humuszanyagokhoz, illetve a talaj leiszapolható részéhez, miközben a növényekben is könnyen mobilizálódik. Túlzott felvétele ellen élég meszezni vagy szervestrágyázásban részesíteni a területet. Nem esszenciális elem.

Réz – Cu - esszenciális mikroelem. A mezőgazdasági talajok legjelentősebb szennyezőforrásai a réztartalmú növényvédőszerek, bár egyes takarmánykiegészítők is tartalmazzák. Az elem a talajban kevésbé mozgékony, a felső humuszos rétegben megkötődik.

Cink – Zn - esszenciális mikroelem. Az élelmiszerekben akár hiánya is észlelhető, miközben a savanyú talajokban a cink az egyik legkönnyebben felvehető, mérgező nehézfém. A talajok cink-tartalma a szervesanyag és egyéb kolloidok / Al- és Fe-oxidok / függvénye. Szerves- és mésztrágyával egyaránt inmobilizálható.

Arzén – As - ivóvizeink jelentős természetes szennyezője. A kémiai növényvédelmi védekezés üzemszerű beindulásakor növényvédőszer hatóanyagjeként használták. A talajokban nehezen mozog, pedig a savanyú és a meszes talajban egyaránt van mozgásra képes formája, tehát a kémhatás megváltoztatásával nem inaktiválható. A talajok arzén-szennyeződésével azonban nem nő egyenes arányban a növények arzéntartalma, felvétele esetén a növényi gyökerekben dúsul. Rákkeltő hatású.

Kadmium – Cd - a talajban igen inmobilis és a szántott rétegben mégis feldúsulásra képes. A talaj szervesanyagához kötődik. Növényi felvétele viszonylag könnyű, amit a talaj kémhatása, kationcserélő-képessége, szerves-anyagtartalma és redox-viszonyai kedvezően befolyásolnak. A növényen belül is könnyen transzlokálódik, ami következtében a legveszélyesebb nehézfém.

Higany – Hg - a már bevezetett tilalomig csávázószerként is használták. Szerves- és szervetlen formában egyaránt előfordul a talajban. Kifejezetten mérgező, és az élelemláncban fokozatosan, erőteljesen dúsul.

Ólom – Pb - a nehézfémek közül a bioszférában a legnagyobb mennyiségben fellelhető elem. Forrásai közül említésre érdemes a mára már megszűnt

forgalmazású ólmozott üzemanyag. Erősen kötődik a talaj szerves- és kolloid részeihez, ami potenciálisan csökkenti a növények általi felvehetőségének veszélyét.

Eredmények és azok értékelése

A talajszennyeződés az a folyamat, amelyben a talaj természetes viszonyok között kialakult fizikai, kémiai és biológiai tuladonságai jelentős mértékben és kedvezőtlen irányban változnak meg /ANTON et al 1999./

A vizsgálatokhoz az alapadatokat átlagoltuk, majd összevetettük a hatályos jogszabályban, a 10/2000. /VI. 2./ KöM-EüM-FVM együttes rendeletben - a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről - a talajra vonatkozó B szennyezettségi értékével. Eredményként a következőket kaptuk:

- a vizsgált térségekben a higany és a kadmium mért értékei igen kevés kivételtől eltekintve mindenütt a vizsgálati kimutathatóság alattiak,
- a talajok szennyező mértékben toxikus nehézfémeket nem tartalmaznak,
- a nyírségi homok fizikai féleségű talajokon és a Rétközben a réz, arzén ólom, króm és cink elemek a rendeletben megengedett határérték alsó harmadában halmozódnak, a nikkel pedig a középérték alatt,
- a beregi és szatmári kötött talajokon az ólom és a réz hasonló értékeket mutat a homokokhoz, míg a nikkel a felső megengedett értékhez közelít. Ezzel szemben a króm, az arzén és a cink a méréstartományban végig elhúzódó.

2. táblázat. A nehézfémek átlagos mennyisége Szabolcs-Szatmár –Bereg megye kistájain (me: mg/kg)

	Cr	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
Dél-Nyírség	7.97	8.79	10.48	23.06	3.45	6.14
Észak-Nyírség	9.18	13.05	9.39	24.08	4.16	8.85
Rétköz	21.02	26.01	22.07	97.96	9.60	31.10
Bereg	23.77	28.33	31.57	94.90	5.62	23.00
Szatmár	31.06	29.12	25.32	81.60	9.37	33.60
B-határérték	**75**	**40**	**75**	**200**	**15**	**100**

Az elemzéssel kapott eredményeink megegyeznek KÁDÁR et al /1991./ által közöltekkel: „A mezőgazdaságilag hasznosított talajok /termőföldek/ nem szennyezettek nehézfémekkel vagy toxikus anyagokkal Magyarországon. Szennyezés az ipari területeken, útkörnyezetben, városi talajokban jelentkezik.” A vizsgálat során regisztrált szélsőértékek a következők:

3. táblázat. A nehézfémek szélsőértékei (me: mg/kg)

	Cr	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
Dél-Nyírség	7.97	8.79	10.48	23.06	3.45	6.14
Maximum	20.77	22.56	24.01	43.42	9.25	10.83
Minimum	2.31	4.46	5.01	9.73	0.88	2.01
szórás	4.43	3.84	4.32	8.33	2.11	2.72
Észak-Nyírség	9.18	13.05	9.39	24.08	4.16	8.85
Maximum	24.79	39.01	21.01	32.79	10.11	25.94
Minimum	2.01	2.01	3.51	13.41	1.92	2.01
szórás	7.49	6.82	4.20	5.24	1.66	4.68
Rétköz	21.02	26.01	22.07	97.96	9.60	31.10
Maximum	47.62	38.14	58.14	259.2	17.81	70.37
Minimum	5.82	9.43	8.16	30.35	3.61	8.45
szórás	11.22	8.54	11.27	63.19	4.04	20.58
Bereg	23.77	28.33	31.57	94.90	5.62	23.00
Maximum	46.66	42.94	69.66	195.82	11.97	62.62
Minimum	12.23	14.30	13.61	21.86	1.46	12.32
szórás	9.66	5.89	12.63	34.64	2.94	11.24
Szatmár	31.06	29.12	25.32	81.60	9.37	33.60
Maximum	47.15	42.16	46.21	175.70	18.92	72.55
Minimum	14.91	14.42	2.41	63.21	5.21	14.31
szórás	8.10	7.51	8.75	18.42	3.03	14.18

Azonos számú adatot felhasználva elemenként meghatároztuk SzD 5% szignifikancia szinten is az összefüggéseket az egyes térségek között. A szignifikancia az adott szinten bizonyítható.

4. táblázat. Statisztikai összefüggés a vizsgált tájegységek között

4/1. táblázat. (me: mg/kg)

térség	**Króm-Cr-csoport**			**Nikkel-Ni-csoport**			**Réz-Cu-csoport**		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
D-Nyírs.	7.97			8.79			9.39		
É-Nyírs.	9.18				13.08		10.47		
Rétköz		21.02				26.10		22.07	
Bereg		23.77				28.33		25.37	
Szatmár			31.06			29.12			31.57
SzD5%	**3.22**			**2.54**			**3.38**		

4/2. táblázat. (me: mg/kg)

térség	cink-Zn-csoport			arzén-As-csoport			Ólom-Pb-csoport		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
D-Nyírs.		23.06		3.45			6.14		
É-Nyírs.		24.07		4.16			8.85		
Rétköz			81.60		5.62			23.01	
Bereg			94.90			9.37			31.10
Szatmár			97.96			9.60			33.60
SzD5%	**12.71**			**1.09**			**4.73**		

Következtetések, javaslatok

A környezetkárosítás jelentős forrása maga az emberi tevékenység. Ennek mértéke a technikai eszközök használatával olyan mértékig növekedett, hogy az ipar és az iparszerű mezőgazdasági tevékenység is a környezetszennyezés okozójává vált. A környezet védelmét a szennyezés keletkezési helyén, a termelési folyamat során kell elkezdeni. A talajvédelem feladata a kiváltó okok megkeresése, hatásuk megállapítása és kiküszöbölése, tehát okszerű környezet-gazdálkodás. Hatékony javítást és a további leromlás megakadályozását csak aktív védelemmel lehet megoldani.

A toxikus nehézfémek vonatkozásában Szabolcs-Szatmár Bereg megyei talajaira vizsgálataink alapján az alábbi következtetések tehetők:

- az eddig feldolgozott laborvizsgálati eredmények azt mutatják, hogy a megye kistérségeinek talaja szennyeződésmentes,
- valamennyi feldolgozott elem mennyisége lényegesen alacsonyabb a homok fizikai féleségű nyírségi területeken, mint a zömmel agyag fizikai féleségű rétközi, szatmári és beregi részen.

Eddigi eredményeink szakmai közönség elé bocsátását figyelemfelkeltésnek szántuk, még nem alkalmas végleges következtetések levonására. A téma a folyamatosan elkészülő vizsgálati eredmények bevonásával és egyéb paraméterek figyelembe vételével, pl. összefüggések a pH, kötöttség, bázistelítettség vonatkozásában további feldolgozást kíván, amiből nem maradhat ki a TIM-pontok vizsgálatsorának beépítése sem.

Felhasznált irodalom

Anton Attila és szerzőtársai, 1999: Talajszennyeződés, talajtisztítás, Környezetügyi műszaki Gazdasági Tájékoztató, Bp,

Kádár Imre, 1991: A talajok és növények nehézfémtartalmának vizsgálata, MTA TAKI, Bp,

Kerényi Attila, 1998: Általános környezetvédelem, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged.

Kovács Géza-Csathó Péter, 2005: A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között, MTA TAKI, Bp.

Láng István, 1993: Környezetvédelmi lexikon, Akadémiai Kiadó, Bp.

Loch Jakab, 2006: A talajvizsgálat szerepe, jelentősége a tápanyag-gazdálkodásban és a környezetvédelemben, Agrártudományi Közlemények 2006/19.
Moser Miklós-Pálmai György, 1999: A környezetvédelem alapjai, Akadémiai Kiadó, Bp.
Németh Tamás és szerzőtársai, 2005: A talaj vízgazdálkodása és a környezet, MTA TAKI, Bp.
Pais István, 1980: A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban, Mg. Kiadó, Bp,
Rakonczay Zoltán, 1998: Természetvédelem, Mg. Szaktudás Kiadó, Bp.
Sántha Attila, 1996: Környezetgazdálkodás, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp.
Sipos Péter-Póka Teréz, 2005: A szennyezettségi határértékek a geokémiai tényyezők tér- és időbeli változásainak függvényében, MTA a Magyar Tudomány Napja „Környetetgeokémiai határértékek és a háttér problematikája”,
Stefanovits Pál és szerzőtársai, 1977: Talajvédelem, környezetvédelem, Mg. Kiadó, Bp.
Stefanovits Pál, 1992: Talajtan, Mg. Kiadó, Bp.
Szegedi Sándor, 1999: A nehézfémek okozta környezeti terhelés Debrecenben, Magyar Tudomány.
Taraczközi Kamilla 2005: Nehézfémek a mezőgazdasági talajokban, DEAC, Mgtudományi kar Diploma dolgozat.
Thyll Szilárd, 1996: Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban, Mg. Kiadó, Bp.
Tisdale S. L.-Nelson W.L.,1966: A talaj termékenysége és a trágyázás, Mg. Kiadó, Bp.

Egy új típusú, a földhasználat szabályozást megalapozó talajvédelmi-talajhasznosítási tervezési eljárás bemutatása

Meyndt Szilvia – Szabóné Kele Gabriella – Havasné Tátrai Éva
Fejér Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal
Növény-, és Talajvédelmi Igazgatóság, Velence

Összefoglalás

Magyarországon komoly problémát jelent, hogy a földhasználat szabályozáshoz kapcsolható intézményi- és eszközrendszer széttagolt, bonyolult, hiányos és éppen ezért kevéssé alkalmasa természeti erőforrások és kiemelten a talaj mennyiségét és minőségét fenntartó gazdálkodás megvalósítására.

A helyes erőforrás-gazdálkodás megteremtéséhez elengedhetetlen egy olyan egységes tervezési-értékelési módszertan kidolgozása és bevezetése, amely alapján megfogalmazható egy terület adottságokra és elvárásokra alapozott földhasználati rendszerének koncepciója, illetve meghatározható a szabályozás konkrét célja, a szükséges beavatkozások köre és eszközei.

Munkánkban kísérletet tettünk a talaj, mint erőforrás ésszerű hasznosításának megvalósításához szükséges földhasználat szabályozás egy lehetséges eszközének bemutatására. Célunk egy olyan nagy méretarányú, a talajvédelmi-talajhasznosítási irányítást megalapozó tervezési-szabályozási rendszer kialakítása, amely alapján a konkrét területi egységek vizsgálhatók, értékelhetők, a szükséges szabályozási elemek és feladatok meghatározhatók.

Summary

The currently applied land use regulatory and institutional framework in Hungary is complicated, fragmented and incomplete. This environment is unable to ensure the development of a sustainable land use system, which is adequate to ensure the prote0ction of the quality and quantity of the soil.

In order to create and implement a well functioning natural resource management system, it is necessary to create a harmonized planning and appraisal method, which is appropriate to identify the objective of the proper land use based on its potential and the local requirements. Further more, it helps to clearly identify the aim of the applicable regulations and the fields and methods of the necessary interventions.

In this paper we attempt to demonstrate one tool for a possible land use regulation system, which can ensure the reasonable use of soil as natural resource.

Bevezetés

Magyarországon a rendszerváltást követően az agrárgazdaság, a földtulajdonosi szerkezet, az agrártámogatási rendszer és a területfelhasználás szabályozás gyökeres átalakulása révén, a korábbi rendszerben kidolgozott talajvédelmi-, talajhasznosítási irányítás eszközeit és célcsoportját is elvesztette.

A hagyományos irányítás sem a felaprózódott telekszerkezettel, sem a magántulajdoni formával, sem az elvált tulajdonos-földhasználói viszonnyal nem képes mit kezdeni. A mezőgazdaságban és ez által a talajvédelemben is a helyi adottságokhoz igazodó, telek feletti szintű tervezés és irányítás megszűnt. Átfogó koncepció hiányában pedig, az egyes konkrét kezdeményezések, beavatkozások megítélése igen nehézzé, esetenként lehetetlenné vált, a hatósági közreműködés szigetszerű, adott kis területre vonatkozik, nem kerül a térben átfogó kezelésre, elhelyezésre.

A termőföldvédelemmel kapcsolatos azonnali állami beavatkozás szükségességének ellenére sem sikerült az államvagyon felét jelentő erőforrás ésszerű, kímélő, fenntartó használatához szükséges stratégiai döntéseket meghozni. A talaj, mint erőforrás védelme, fenntartó hasznosítása azonban elképzelhetetlen egy az adottságok és az elvárások összevetésén alapuló, a célt, a feladatokat és az eszközöket pontosan meghatározó dokumentum nélkül.

Munkánkban, kísérletet kívántunk tenni egy olyan tervezési eljárás felvázolására, amely

- egy jól lehatárolható területi egységre, térképi-, térinformatikai alapú feldolgozással;
  a (ma Magyarországon) rendelkezésre álló talajjal kapcsolatos információk felhasználásával;
  a talaj multi-funkcionalitását befolyásoló természetes és mesterséges tényezők, illetve az adottságok és az elvárások bemutatása és összevetése révén
- feltárja a jelenlegi (tervezett) hasznosítás és az alkalmasság közötti konfliktusokat;
  konkrétan meghatározza a talaj funkcionalitását veszélyeztető és akadályozó tényezőket; és ezekből
  kiemelten a tábla szinten nem rendezhető problémákkal foglalkozik;
- javaslatot tesz azok kezelésére, megoldására, a talajvédelmi beavatkozásokra;
- tervi formában rögzíti az összetett funkciók elvárt térbeli struktúráját, a talajhasznosítás rendszerét; és ennek révén;
  alapot adhat a környezet-orientált településirányítás megvalósításához;
  segítheti, a fejlesztési elképzelések megítélését, a döntés indoklását;
  jelentheti, a hatósági, szakhatósági munka keretét, koncepcióját.

A munka céljaként kitűzött tervtípusnak nincs egyértelmű előzménye, ezért a szakirodalom definiálása és összegyűjtése igen nehéz. Adódik ez abból, hogy bár a szakmában a talajok jellemzésével, a talajfolyamatok összefüggéseivel, a talajvédelem egyes fejezeteivel, a talaj és a földhasználat viszonyával igen sok kutatás foglalkozik, nincs tudomásunk olyan vizsgálatról, amely a mai társadalmi-gazdasági környezetben a földhasználatszabályozást megalapozó terv metodikájának meghatározására irányult volna.

Anyag és módszer

A kidolgozott tervezési eljárás négy alapvető lépésből áll. Az első lépésben részletesen feltártuk egy adott terület természetföldrajzi-, és talajadottságait, a földhasználat időbeli változásait, a térstruktúrát és a társadalmi-gazdasági elvárásokat. A munka második részében értékeltük a vizsgált területet a talajtól elvárt funkciók, a talaj képességei, a talaj funkcionalitását korlátozó, veszélyeztető tényezők alapján és feltártuk az egyes földhasználati formák, ágazati érdekek között feszülő konfliktusokat.

A megfogalmazódó új társadalmi-szakmai elvárások értelmében a talajok értékelésekor, az erőforrás-gazdálkodás tervezésekor a talaj valamennyi funkcióját és a földhasználattal szemben támasztott valamennyi követelményt figyelembe kell venni, egy olyan dokumentum megalkotásakor, amelynek célja az egyes igazgatási szinteken az össztársadalmi érdekek megjelenítésének, a környezetorientált-településigazgatás megvalósításának elősegítése.

A harmadik szakaszban az összegyűjtött információk és az értékelés alapján felrajzoltuk a terület középtávra előirányzott földhasználati struktúráját, amely egy új típusú kategóriarendszer alapján felvázolt övezeti tervben (2. ábra) fogalmazódott meg. Az egyes területegységek övezetbe sorolásával határoztuk meg, az erőforrás-gazdálkodás szempontjából legmegfelelőbb és reális hasznosítás típusát és intenzitását, valamint a földhasználati típusok egymáshoz viszonyított arányát, térbeli elhelyezkedését.

Negyedik lépésként a beavatkozási tervben rögzítettük az övezeti tervben meghatározott erőforrás-gazdálkodási, talajhasználati rendszer kialakítása, működtetése céljából kiemelt irányítási eszközökkel befolyásolandó területeket, a célállapot eléréséhez szükséges végrehajtási eszközöket, konkrét feladatokat. Az adott területegységen belül szükséges és megvalósítandó talajvédelmi beavatkozások körét a kitűzött hasznosítási célnak való legjobb megfelelés, illetve a jelen és a tervezett állapot közötti eltérések típusa és mértéke alapján kell meghatározni.

Eredmények

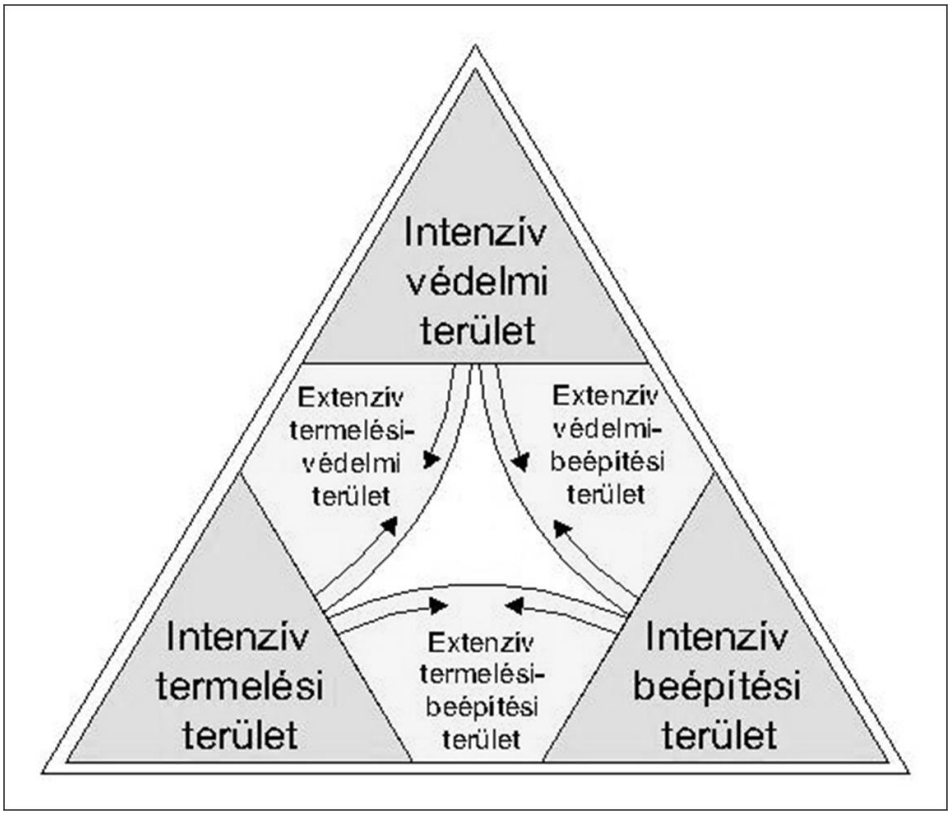
A kidolgozott tervezési metodika legnagyobb eredménye, az egységes földhasználati rendszerterv és az azon alapuló koncepcionált földhasználatszabályozás lehetőségét megteremtő ágazatok feletti kategóriarendszer (1. ábra).

Az értékelési-tervezési kategóriarendszer újszerűsége és értéke abból fakad, hogy az övezeti rendszerben az egyes kategóriák egymástól a területhasználat fő karakterében, kizárólagosságában és a használat intenzitásában különböznek. Az egyes területek besorolása, az adottságok alapján hangsúlyos, preferált talajfunkcióktól, valamint a területhasznosítás és a földhasználat elfogadott intenzitásának jellemzőitől függ. Az intenzitás és alapcél szerint kialakított

rendszerelemek összekapcsolhatók a más szakmákban, ágazatokban alkalmazott területhasznosítási kategóriákkal (természetvédelmi zónák, építésügyi területfelhasználási egységek, tájképi elemek, vízgazdálkodási egységek, földügyi művelési ágak) ezért e kidolgozott rendszer alkalmas az egyes ágazati prioritások, célok összehangolására, az ellenérdekeltségek tisztázására, az ágazatok feletti egységes kommunikációs felszín megteremtésére.

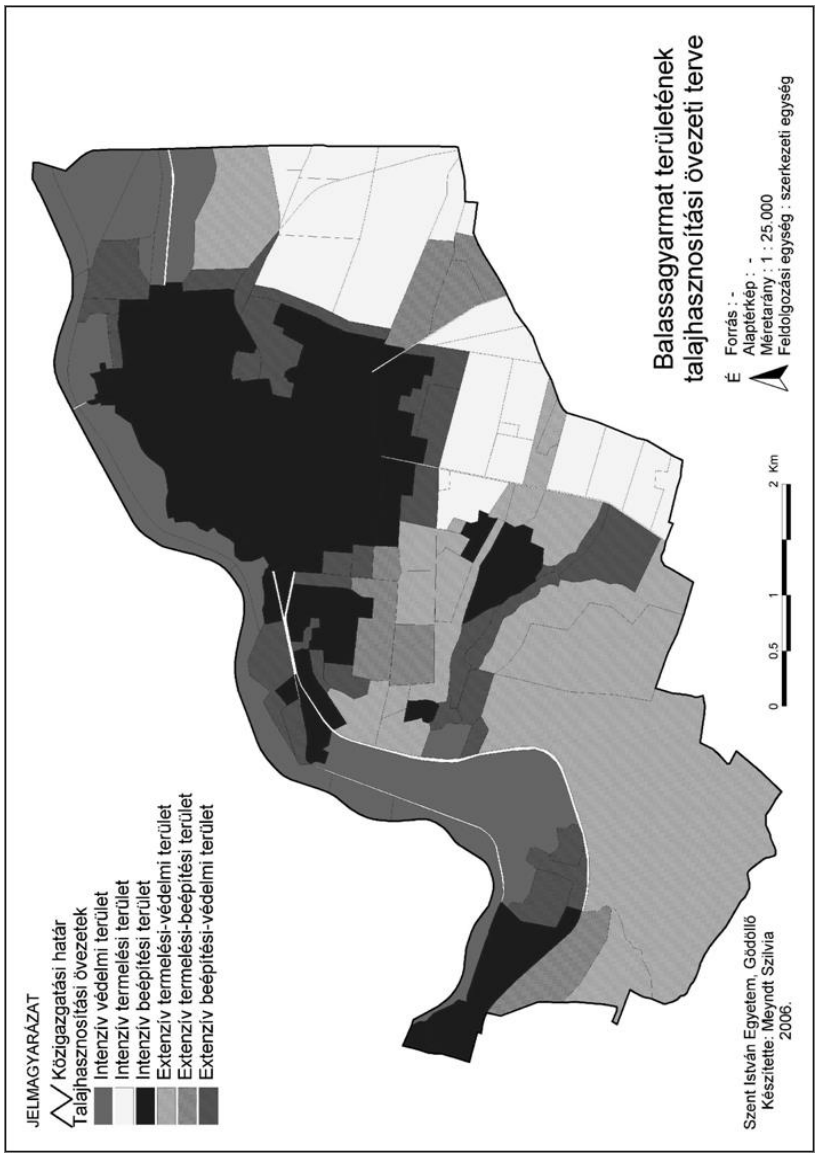
Talajhasznosítási övezeti rendszer struktúrája

Az övezeti rendszer három alapelemét, azok a földhasználati formák jelentik, amelyek a használat intenzitásában a szélsőértékeket képviselik. Az erősen specializált hasznosításból következik, hogy bizonyos hasznosítási módok, beavatkozások az adott övezet területén kizártak, illetve egyes használati formák az adott övezetben kizárólagosak. A specializált hasznosítás azt is jelenti, hogy a talajnak csak egy-két funkciója az, amely az adott tevékenységben jelentőséggel bír. A talajok megítélése tehát kevés szemponton alapszik.



1. ábra. Az övezetei rendszer struktúrája

A rendszer másik három eleme az intenzív használati formák közötti átmeneti típusú talajhasznosítások. Ezekben az esetekben, két különböző típusú hasznosítás extenzív módon, együtt jelenik meg a talajhasználatban. Azaz, egyik használat sem olyan intenzív, amely jelentősen korlátozná a másik típusú hasznosítást. A többcélú extenzív hasznosítási formák esetében a talajnak majd minden funkciója egyformán fontos. A talajok megítélése az összehangolt elvárásoknak való megfelelésen alapszik.



2. ábra. Talajhasznosítási övezeti terv (Balassagyarmat)

Míg az intenzív használatok esetében a talajjal kapcsolatos beavatkozások célja, adott képesség maximalizálása, addig az extenzív típusoknál a kétféle célnak való megfelelés közötti optimális talajállapot megteremtése a feladat.

Ebben a rendszerben a talajhasználat változtatása az adott terület övezeti típusának megváltozását jelenti. A folyamatban a területhasznosítás az egyik intenzív típusból a másik intenzív típusba (a szervetlen, mesterséges beavatkozásokat kivéve) mindig az átmeneti típusú hasznosításokon keresztül alakul át. Természetesen ugyanez az összefüggés igaz az övezetek, területhasználatok egymáshoz viszonyított térbeli helyzetével kapcsolatban is. Éppen ezért kiemelten fontos a puffer szerepet betöltő, átmeneti típusú talajhasználatok megléte, hiszen ha az intenzíven használt területek között ezek hiányoznak, az ellentétes célok, és korlátozó hatások miatt a határterületen konfliktusok adódnak.

Adott területen az egyes övezetek egymáshoz viszonyított aránya és térbeli megjelenése a természetföldrajzi-, és talajadottságoktól, a kialakult földhasználattól, valamint a társadalmi-gazdasági jellemzőktől és elvárásoktól függ.

Talajhasznosítási övezeti rendszer elemei részletesen

Kizáró típusú területfelhasználások

Intenzív védelmi terület, ahol valamely a társadalom által preferált (ökológiai, környezetvédelmi, örökségvédelmi) okból a talajhasználat erősen korlátozott. Ezeken a területeken a talaj elsődleges feladata a célobjektum káros hatásoktól való védelme. Ez alatt a védeni kívánt ökoszisztéma létfeltételeinek (élőhely) biztosítását, a biodiverzitás megőrzését, a felszíni és felszín alatti vizek, vízbázisok szennyeződéstől való védelmét (szűrés, detoxikálás) kell érteni.

Az övezet jellemző területfelhasználási módja a természeti terület, bizonyos véderdőterület, extenzív gyepterület.

Az intenzív védelmi területeken a talajhasznosítás a konkrét védelmi célnak van alárendelve. A talaj védelme teljesül a bolygatatlanság biztosításán és az emberi beavatkozás minimalizálásán keresztül, azonban ha a védett társulás létszükséglete, vagy vízgazdálkodási érdek szélsőséges talajállapot (pl.: vízborítás) kialakítása, akkor a talajvédelem célja az igényelt beavatkozás optimális mértékének meghatározása. Sokkal inkább cél tehát a talaj eredeti jellemzőink megőrzése vagy helyreállítása, mint akár a hagyományos talajvédelmi szempontoknak megfelelően a talaj termelés-orientált funkcionalitásának javítása.

Intenzív beépítési terület, ahol az összterület jelentős részén nincs biológiailag aktív talaj. A talajfelszín jelentősen széttagolt, szennyezett. A talaj kiemelt funkciója az emberi élettér optimális állapotának biztosítása.

Pontosabban a szennyezések befogadása, tárolása, pufferolása, a zöldfelületek igényeinek biztosítása, a települési mikroklíma javítása.

Az övezet jellemző területfelhasználási módja a települési (lakó-) terület, a gazdasági terület, közlekedési és közműterület, bányászattal érintett terület, szennyvíz-, hulladék-kezelési terület. (Természetesen ebbe a kategóriába tartoznak azok a területhasználatok is, ahol talajigény nem jelentkezik.)

Az intenzív beépítési terület övezetében a talajvédelem céljai azonosak a településökológiai (a zöldfelületi hálózat biztosítása) és környezetvédelmi (a szennyezések megelőzése, felszámolása) célokkal.

Intenzív termelési területek azok, amelyek agroökológiai adottságaik alapján a legalkalmasabbak a mezőgazdasági termelési célok megvalósítására és ebben sem védelmi preferencia, sem kedvezőtlen szerkezet miatt nem korlátozottak. A talaj kiemelt funkciója a biomassza termelés és ehhez kapcsoltan a termelésben részt vevő élőlények számára szükséges erőforrások (víz, tápanyag, hő) biztosítása, a stressz-hatások (aszály, szennyvíziszap-elhelyezés) pufferolása. Az övezet jellemző területfelhasználási módja a szántóterület, az üzemi méretű gyümölcsös-, szőlő-, egyéb ültetvényterület.

Az intenzív termelési területek a hagyományos talajvédelem elsődleges célterületei. A fokozott talajhasznosítás érdekében a termelési feltételek, a talaj termékenységének, termőképességének javítása a cél. A természetes talajadottságoknál kedvezőbb talajállapot kialakítása mellett fontos, az intenzív használat miatt felfokozott talajdegradációs folyamatok megelőzése, mérséklése.

Tekintettel arra, hogy a földhasználat átalakulásának tendenciái és a társadalmi-gazdasági elvárások a termelési területek csökkenésének irányába hatnak, különösen nagy hangsúlyt kell fektetni ezen területek védelmére. Az intenzív termelési területek, adott település mezőgazdasági szempontból legértékesebb területei, ezért ott minden a termelési funkcionalitást korlátozó, veszélyeztető beavatkozás, településfejlesztési cél korlátozás alá kell essen.

Átmeneti típusú területfelhasználás (határterület, pufferzóna)

Extenzív termelési-védelmi területek azok, amelyek jellemzően termelési területek, de védelmi preferenciák vagy degradációs kockázatok miatt a termelés intenzitása korlátozott, illetve alacsony. Beépítés nem jellemző. E területek az extenzív hasznosítás miatt az intenzív termelési és védelmi területek között puffer-zónaként funkcionálnak. A talaj preferált funkciója a termelési feltételek biztosítása, mind a talajtermékenység, mind a termelési biztonság szempontjából. Fontos továbbá, ettől nem elválasztható módon a biodiverzitás megőrzése, élőhely fenntartása és az azt veszélyeztető stressz-hatások mérséklése.

Az övezet jellemző területfelhasználási módja az extenzív gyepterület, gazdasági erdőterület, hasznosított nádas, halastó. Ebbe a kategóriába sorolható

az ökológiai hálózat, vagy a defláció elleni védelem céljából kialakított mezővédő erdősáv területe is.

Az extenzív termelési-védelmi terület övezetében a talajvédelem elsődleges feladata az adott terület érzékenységének, sérülékenységének és teljesítőképességének ismeretében, a leghatékonyabb termelési forma és a maximális intenzitás meghatározása. A termelési feltételek javítása másodlagos.

Extenzív védelmi-beépítési területek azok, amelyek egyik kifejezett, kizáró típusú övezetbe sem sorolhatók, mert a beépítési és védelmi érdekek, célok együttesen jelennek meg. A kialakult területhasználatot kettősség jellemzi, amit egyik oldalról a társadalom rekreációs igényei és azzal szemben a természetvédelmi, környezetvédelmi érdekek jelentenek. E területeken, a védelmi preferenciák mellett fokozott emberi beavatkozás jellemző. A termelési tevékenység erősen korlátozott. A talaj preferált funkciója a természet közeli élőhely-hálózat, és az egészséges, esztétikus, emberi élettér igényeinek biztosítása. Azaz a fokozott terhelés pufferolása, a környezeti kockázatok, zavaró hatások mérséklése.

Az övezet jellemző területfelhasználási módja az extenzív üdülőterület, sportterület, nagy méretű parkterület, jóléti erdő, horgásztó, régészeti-geológiai bemutató-terület, stb. Továbbá ebbe a kategóriába sorolható a település-kép, település-ökológiai célból kialakított véderdők területe.

Az extenzív védelmi-beépítési övezetben a földhasználat szabályozás célja a terület terhelhetőségének ismeretében az optimális hasznosítási intenzitás és szerkezet meghatározása. E területek esetében a legjelentősebb veszélyt az intenzív beépítés és a túlzott használat jelenti. A használat és a szennyezés-kibocsátás szabályozásán túl, talajvédelmi beavatkozásként a terhelhetőség fokozása, illetve a környezeti kockázatok csökkentése is reális cél lehet.

Extenzív termelési-beépítési terület az, ahol a talajhasználat bizonyos elmei a termelési, bizonyos elemei a beépítési típusú területekkel mutatnak hasonlóságot. Megjelenik a területen a termelést korlátozó szerkezetesség és a beépítés, de annak aránya kicsi. A termelés intenzitása, típusa az egységen belül nagyon változatos, és a hasznosítást védelmi preferenciák nem korlátozzák. A talaj preferált funkciója a biomassza termelés és ehhez kapcsoltan a termelésben részt vevő élőlények számára szükséges erőforrások (víz, tápanyag, hő) biztosítása, a stressz-hatások pufferolása.

Az övezet jellemző területfelhasználási módja a tanyás mezőgazdasági terület, az átalakult zártkerti területek (volt szőlőhegyek).

Az extenzív termelési-beépítési területeken a talajvédelem feladatai csak az adott település társadalmi-gazdasági-politikai állapota, elvárásai által meghatározott hasznosítási cél ismeretében jelölhetők meg. A hagyományos zártkerti, szőlőhegyi hasznosítás esetén a szabályozás elsődleges feladata az erózióvédelmi beavatkozások ösztönzése, a műszaki biztonság megteremtése és az extenzív beépítés megőrzése.

A kertes területek sorsa az egész országban megoldásra váró probléma. A termelési funkció folyamatos háttérbe szorulásának következtében a térszerkezeti egységen belül a hasznosítás legkülönbözőbb, egymást zavaró formái jelennek meg. Ráadásul az elaprózott és kedvezőtlen telekstruktúra miatt, a változtatás csak egységesen, az egyéni érdekek háttérbe szorításával valósulhat meg. A nem művelt területeken az alulhasznosítottság és a kezeletlenség, a termelő területeken a kedvezőtlen struktúrából adódó eróziós kockázatok, a beépített területeken az alacsony műszaki színvonal és a zavaró hatások erősödése az alapvető probléma.

Értékelés

A kitűzött cél, egy olyan talajvédelmi-, talajhasznosítási tervezési eljárás megalkotása volt, amelynek eredményeként létrejön a földhasználat szabályozás új típusú értékelési-tervezési rendszere. A kialakítandó rendszer az ésszerű földhasználat megteremtése érdekében alapot ad a környezet-orientált településirányítás megvalósításához, segíti a fejlesztési elképzelések megítélését, a döntések előkészítését és indoklását. Továbbá, rögzíti az adott területen indokolt talajvédelmi beavatkozások körét, és ezen keresztül megadja a hatósági, szakhatósági munka keretét, koncepcióját.

Az elvégzett munka eredménye, hogy kidolgozásra került a természetföldrajzi-, és kiemelten a talajadottságokhoz alkalmazkodó, valamint a különböző ágazati érdekeket összehangoló talajhasználat lehetséges tervezési eljárása. Azaz, összegyűjtöttük, bemutattuk és értékeltük a feladathoz használható talajinformációkat, felépítettük az elemzésekhez szükséges térinformatikai adatbázist, elvégeztük a terület talajfunkciók, veszélyeztető tényezők és földhasználati konfliktusok szerinti értékelését, megalkottuk a tervezés alapját képező talajhasználati övezeti rendszert és rögzítettük a készítendő tervtípusok jellemzőit.

A tervezési metodika és a kidolgozott övezeti rendszer a tervezési terület nagyságától függetlenül alkalmazható, így a például más léptékű, vagy alapelemű (birtoktervezés, megyei területhasználati terv, vízgazdálkodási terv) tervek elkészítésének is módszere lehet.

A kidolgozott tervezési eljárás gyengesége, hogy sok olyan adatot igényel, illetve összefüggésre alapoz, amely jelenleg nem áll kellőképpen rendelkezésre, nem eléggé kidolgozott. Az egyes konkrét területekre elvégzendő elemzés és tervezés munka-, és időigényes, valamint eredménye jelentősen függ az ágazatok közötti kommunikáció minőségétől.

Összességében elmondható, hogy a bemutatott eljárás alapján megszülető és elegendő információra alapozott talajvédelmi-, talajhasznosítási terv alkalmas arra, hogy a földhasználat szabályozás alapdokumentuma legyen, segítse az egyes ágazati elképzelések, fejlesztési szándékok megítélését, támogatási igények felmérését. Eredményeiből nyilvánvalóvá válhatnak a végrehajtásához

rendelkezésre álló és hiányzó jogi-, gazdasági-, és kommunikációs eszközök, továbbá indukálhatja a szakmai jogalkotás, talajtérképezés, talajértékelés, döntés előkészítés, kutatás fejlesztését.

Irodalom

Ángyán J., Menyhért F. 1997. Alkalmazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.

Birkás M. 1995. Földműveléstan. Szent István Egyetem. Gödöllő.

Németh T., Stefanovits P., Várallyay Gy. 2005. Talajvédelem - Az Országos Talajvédelmi Stratégia tudományos háttere. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium. Budapest.

Nyíri L. 1993. Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

Szabolcs I. (szerk.) 1966. A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. Országis Mezőgazdasági Minősítő Intézet. Budapest.

Stefanovits P., Filep Gy., Füleky Gy. 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.

MTA. 1990. Magyarország kistájainak katasztere. Földrajztudományi Kutatóintézet. Budapest.

Melioráció-öntözés és talajvédelem. 1989. Útmutató a nagy méretarányú országos talajtérképezés végrehajtásához. Agroinform. Budapest.

Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Program. 1999. Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium. Budapest.

Nógrád Megye Önkormányzata. 1999. Balassagyarmat és térsége. Ceba Kiadó. Budapest.

Területfejlesztési program Balassagyarmat kistérség fejlesztésére. 1994. Közép-Magyarországi Agrárkamara. Budapest.

Balassagyarmat és térsége területfejlesztési program helyzetértékelés. 1997. Nógrád Megyei Regionális Vállalkozásfejlesztési Alapítvány. Salgótarján.

Balassagyarmat város településrendezési terve. 2000. Nógrádterv Kft. Salgótarján.

A Balassagyarmati kistérség agrárstruktúra átalakítási és vidékfejlesztési stratégiai programja, helyzetfeltárás. 1999. Ipoly-táj Területfejlesztési Társulás. Balassagyarmat.

Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek talajainak vízgazdálkodása

Makó András – Hermann Tamás – Tóth Brigitta – Debreczeni Béláné – Hernádi Hilda
Pannon Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar,
Növénytermesztéstani és Talajtani Tanszék
8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16. E-mail: mako@georgikon.hu

Összefoglalás

A különböző OMTK kísérleti helyek talajai a vízgazdálkodási tulajdonságok szempontjából változatos képet mutatnak (a Várallyay-féle vízgazdálkodási kategória-rendszer (Várallyay, 1980; 2005) szerint a 3/2, 4/2 és 5/2 csoportba sorolhatóak). A vízgazdálkodási tulajdonságok becslési lehetőségének vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a viszonylag szűk (vagy a hidraulikus vezetőképesség esetében külföldi) adatbázison kidolgozott becslőmódszerek nagy heterogenitású talajminta-anyagra történő kiterjesztése pontatlan eredményeket szolgáltat. A pontatlanságot tovább növelhetik a mérési módszertani különbözőségek.

Bevezetés

Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek kutatási program 1966-ban és 1967-ben összesen 26 kísérleti helyen indult meg. Napjainkban 9 kísérleti helyen folynak még a kutatások (Keszthely, Putnok, Kompolt, Nagyhörcsök, Hajdúböszörmény, Bicsérd, Mosonmagyaróvár, Iregszemcse, Karcag). A kutatások során a műtrágyázás hatását többféle szempontból vizsgálták, ugyanakkor kevés a kísérletek talajaira vonatkozó talajfizikai és vízgazdálkodási vizsgálati eredmény. E hiány pótlása több szempontból is fontos. Egyrészt a vizsgálati eredmények ismerete segítséget nyújthat a növények tápanyag-gazdálkodásával összefüggő kísérleti eredmények egzaktabb értelmezéséhez. Ezen felül a mért talajfizikai és vízgazdálkodási paraméterek fontos alapadatai lehetnek a kísérleti helyeken tesztelni kívánt különféle számítógépes terméssziumlációs modelleknek is.

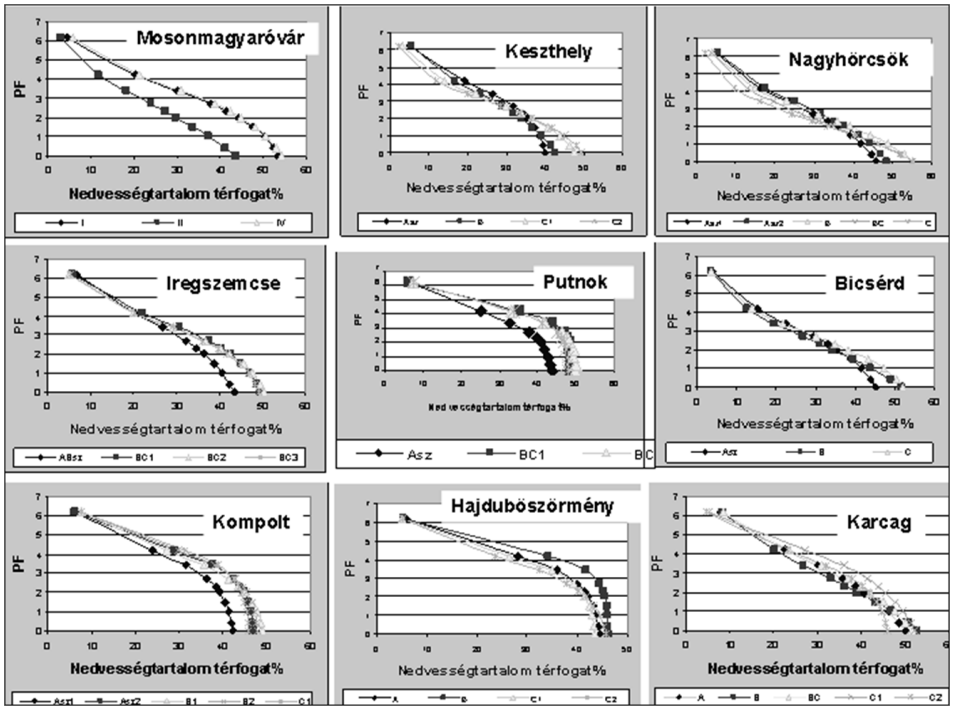
Anyag és módszer

Vizsgálatainkhoz 2005. nyarán a 9 kísérleti helyen talajszelvény feltárást végeztünk. A szelvények morfológiai leírása, a mintákhoz kapcsolódó laboratóriumi alapvizsgálatok, illetve kémiai vizsgálatok mellett elvégeztük a talajszelvények egyes genetikai szintjei szerint a mechanikai összetétel vizsgálatokat, a víztartó-képesség méréseket, és a hidraulikus vezetőképesség

méréseket. A víztartó- és a hidraulikus vezetőképesség értékeket becsléssel is meghatároztuk, majd vizsgáltuk a becslések pontosságát.

A minták hidraulikus vezetőképességének meghatározását a csökkenő folyadéknyomás módszerével végeztük (Búzás, 1993). Genetikus talajszintenként 3 eredeti szerkezetű mintából mintánként 9 mérés történt.A talajminták vízvezető-képességét Campbell módszerével becsültük, a talajminták százalékos homok-, iszap-, agyagtartalma és térfogattömege alapján (Campbell, 1974).

A talajminták víztartó-képesség értékeit porózus kerámialapos extratorokkal (Soilmoisture Equipment Corp.) határoztuk meg, 5 különböző nyomásértéken (Klute, 1986). A víztartó-képesség értékeket Rajkai (1988) módszerével becsültük 10 pF pontra, a talajminták mechanikai összetétele, tömődöttsége és szervesanyag-tartalma alapján. A mért és becsült értékek összehasonlítása során először a mért vízvezető-képesség értékekre pF-görbéket illesztettünk a Brutsaert függvénnyel (Rajkai, 2004), majd a görbék megfelelő pontjait összevetettük a talajtulajdonságok alapján becsült pF értékekkel.

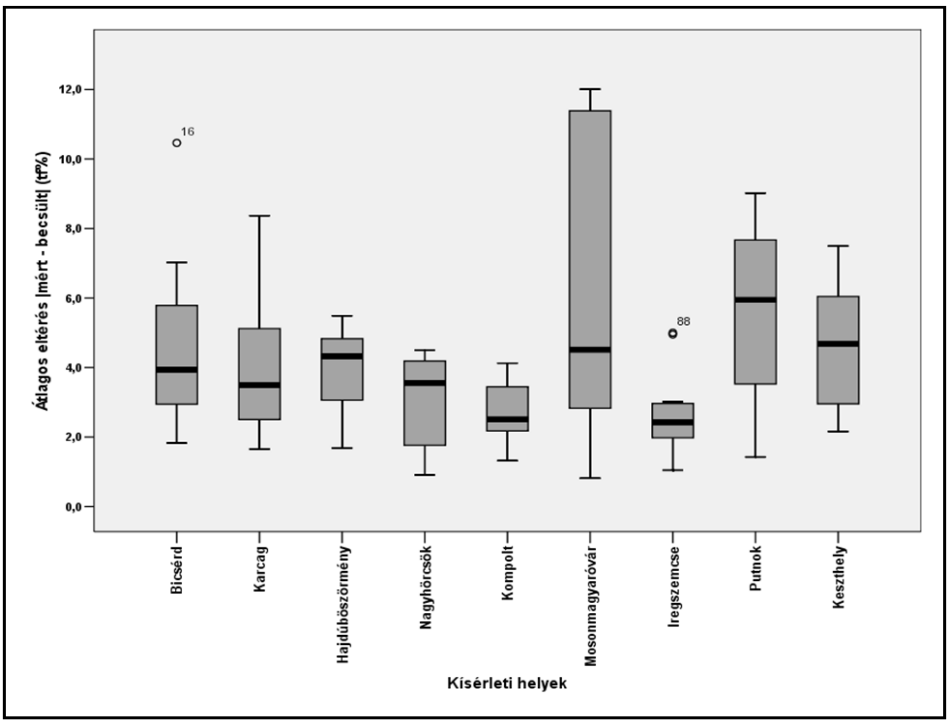


1. ábra. A kísérleti helyeken feltárt talajszelvények pF-görbéi genetikai szintenként

Eredmények

Az *1. ábrán* bemutatjuk a talajszelvények egyes genetikai szintjeiből származó eredeti szerkezetű mintákon mért pF- görbéket. A mért és becsült víztartó-képesség értékek közötti (az elfogadható 2,5%-nál nagyobb) eltéréseknek (*2. ábra*) feltehetően módszertani okai vannak (a Rajkai-féle pontbecslő módszer a hazai szabvány szerinti un. holland módszerrel, viszonylag kis heterogenitású talajmintaanyagon mért víztartó-képesség adatokon lett kidolgozva, míg az OMTK kísérletek talajainak vizsgálatakor a víztartó-képességet porózus kerámialapos extraktorokkal, az un. amerikai módszerrel határoztuk meg).

A *3. ábrán* kísérleti helyenként összehasonlítottuk a talajszelvények genetikai szintjeire jellemző mért és becsült vízvezetőképesség értékeket. A hidraulikus vezetőképesség becslése szintén nem bizonyult megfelelő pontosságúnak, a mért és a becsült eredmények között olykor 2 nagyságrend a különbség. Az eltérések oka lehet, hogy a Campbell módszer a makropórusok nélküli talajmátrix vízvezető-képességét számolja, ezért a becsült értékek általában kisebbek a mért értékeknél.



2. ábra. A mért és a becsült víztartó-képesség értékek közötti átlagos eltérések nagysága kísérleti helyenként

A helyszíni és laboratóriumi talajvizsgálatok, illetve a kiegészítő talajfizikai vizsgálatok mérési eredményi alapján a kísérleti helyek talajait röviden a következőképpen jellemezhetjük:

Keszthely: Nem podzolos agyagbemosódásos barna erdőtalaj (mélyen humuszos, gyengén savanyú változat). A talaj vízgazdálkodását jó víznyelő és vízvezető képesség, és jó vízraktározó, víztartó képesség jellemzi (3/2. vízgazdálkodási kategória).

Mosonmagyaróvár: Karbonátos többrétegű humuszos öntéstalaj (mély humuszos rétegű, felszíntől erősen karbonátos, mélyen kétrétegű változat). Fizikai féleség: iszapos vályog. A talaj vízgazdálkodását közepes víznyelő és vízvezető képesség, és nagy vízraktározó képesség jellemzi (3/2. vízgazdálkodási kategória).

Nagyhörcsök: Típusos mészlepedékes csernozjom talaj (közepes humusztartalmú, közepes humuszos rétegű, felszíntől karbonátos, gyengén sós változat). A talaj vízgazdálkodását jó víznyelő és vízvezető képesség, és jó vízraktározó, víztartó képesség jellemzi (3/2. vízgazdálkodási kategória).

Iregszemcse: Típusos mészlepedékes csernozjom talaj (sekély humuszos rétegű, erodált változat). A talaj vízgazdálkodását jó víznyelő és vízvezető képesség és jó vízraktározó, víztartó képesség jellemzi (3/2. vízgazdálkodási kategória).

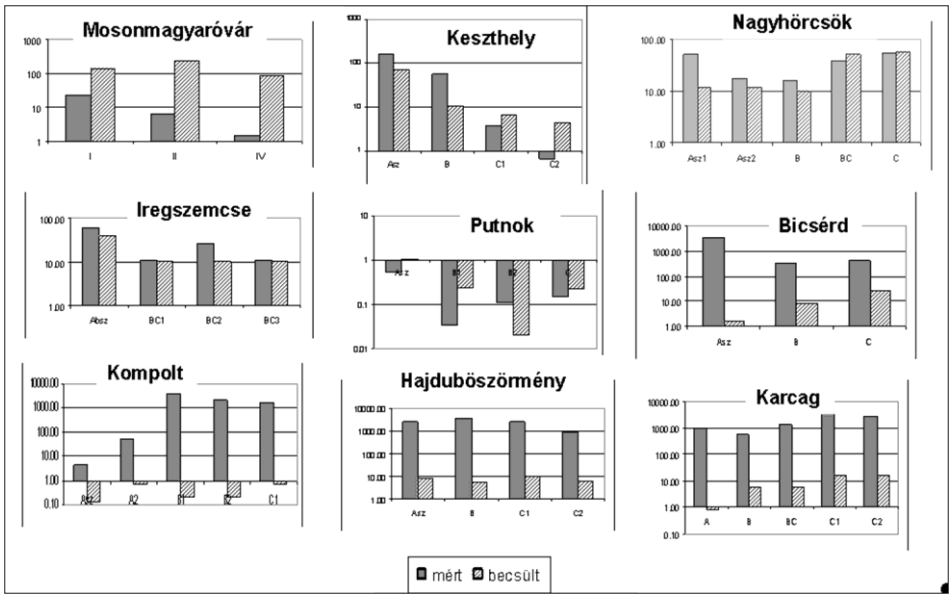
Putnok: Nem podzolos agyagbemosódásos barna erdőtalaj (mélyen humuszos, savanyú változat). A talaj vízgazdálkodását a közepes víznyelő képesség, a közepes vízvezető képesség, a nagy vízraktározó képesség és az erős víztartó képesség jellemzi (5/2. vízgazdálkodási kategória).

Bicsérd: Csernozjom barna erdőtalaj (feltalaj gyengén savanyú, karbonátos altípus) agyagos löszön. A talaj vízgazdálkodását jó víznyelő és vízvezető képesség és jó vízraktározó, víztartó képesség jellemzi (3/2. vízgazdálkodási kategória).

Kompolt: Nem karbonátos csernozjom barna erdőtalaj (teljes mélységében savanyú, mélyen humuszos változat). A talaj vízgazdálkodását közepes vízvezető és víztartó képesség, nagy vízraktározó és jó víztartó képesség jellemzi (4/2. vízgazdálkodási kategória).

Hajdúböszörmény: Nem karbonátos réti talaj (humuszgazdag, közepesen humuszos rétegű, mélyen glejes, gyengén sós változat). A talaj vízgazdálkodását közepes vízvezető és víztartó képesség, nagy vízraktározó és jó víztartó képesség jellemzi (4/2. vízgazdálkodási kategória).

Karcag: Nem karbonátos réti csernozjom talaj (feltalajában savanyú, közepes humuszos rétegű, közepesen humuszos, gyengén sós változat). A talaj vízgazdálkodását közepes vízvezető és víztartó képesség, nagy vízraktározó és jó víztartó képesség jellemzi (4/2. vízgazdálkodási kategória).



3. ábra. A kísérleti helyeken feltárt szelvények talajainak mért és a Campbell-módszerrel becsült hidraulikus vezetőképesség értékei (genetikai szintenként)

Köszönetnyilvánítás

Munkánk az OTKA T048302. sz.; az NKFP 4/15/2004. sz. és a GVOP (AKF) -2004 – 3.1.1 sz. kutatási pályázatok támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

Búzás, I. (ed.) (1993): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv. 1-2. INDA Kiadó. Budapest.

Campbell, G. S. (1974): A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. Soil. Sci. 117. p.311-314.

Klute, A.: 1986, 'Water retention: laboratory methods', In *Methods of Soil Analysis. Part1. Physical and Mineralogical Method*; 2nd. Ed.; Klute, A., Ed.; Agronomy No.9.; American Society of Agronomy, Inc. & Soil Science Society of America, Inc.: Madison, Wisconsin, 635-662.

Rajkai, K. (1988): A talaj víztartóképessége és különböző talajtulajdonságok összefüggésének vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 36-37. p.15-30.

Rajkai, K. (2004): A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. MTA TAKI. Budapest.

Várallyay Gy. – Szűcs L. – Rajkai K. – Zilahy P. – Murányi A. (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória rendszere és 1:100 000 méretarányú térképe, Agrokémia és Talajtan. 29., p. 77-112.

Várallyay, Gy., 2005. Magyarország talajainak vízraktározó képessége. Agrokémia és Talajtan. 54. 5-24.

Vízgazdálkodás és termékenység összefüggésének vizsgálata hazai talajtani adatbázisokon

Tóth Brigitta[1] *– Makó András*[1] *– Rajkai Kálmán*[2]
[1]Pannon Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar,
Növénytermesztési és Talajtani Tanszék, 8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16.,
e-mail: toth.brigitta@georgikon.hu;
[2]MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, 1525 Budapest, Herman O. u 15.

Összefoglalás

Munkánk során – a Várallyay (1982) által kidolgozott 10x10 vízgazdálkodási kategóriamátrix leegyszerűsített, így az AIIR talajadatokból egzaktabban becsülhető változataként – statisztikai alapon elkészítettünk egy 5 kódszámjegyű, 10 fokozatú egyszerűsített vízgazdálkodási kategóriamátrixot. Csoportbecslési módszerekkel becsültük az AIIR táblák talajainak vízgazdálkodási tulajdonságait, illetve kategóriakódjait. Vizsgáltuk a talajok vízgazdálkodási jellemzői és a termékenység közti kapcsolatokat.

A talajok termékenységi vizsgálatai során a termésadatok statisztikai elemzése igazolta a vízgazdálkodási kategóriarendszer alkalmazásának létjogosultságát. Megállapítottuk, hogy a kiválasztott növények esetében a termés mennyiségét – egyéb tényezők mellett – a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai is jelentős mértékben alakítják.

Bevezetés

Munkánk célja az volt, hogy az Agrokémiai Információs és Irányítási Rendszer (AIIR) és a Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer (TIM) adatbázisainak felhasználásával vizsgáljuk a talajok vízgazdálkodási tulajdonságai - elsősorban a talajok vízraktározó képessége (Várallyay, 2005) – és a talajokon termesztett főbb szántóföldi növények (búza, kukorica, napraforgó és cukorrépa) termésátlagai közötti kapcsolatokat.

Magyarországon olyan talajtani térképi adatbázisok állnak rendelkezésre, illetve készülnek folyamatosan a meglévő térképi anyagok digitalizálásával, amelyek főként a talajok egyszerűen mérhető tulajdonságairól (talaj altípus, alapkőzet, fizikai féleség, mész- és humusztartalom, pH, stb.) nyújtanak információkat. Ezek a talajtani információk az adott talajegységről általában nem konkrét mérési eredményként, hanem térképi kódok formájában állnak rendelkezésünkre, mely kódszámok rendszertani egységeket, illetve méréstartományokat jelölnek. Amennyiben – a pedotranszfer függvényekhez hasonló módon – kapcsolatot tudunk feltárni a talajtérképi kódok és a talajok vízgazdálkodási tulajdonságai között, lehetőségünk nyílik arra, hogy a talajtérképi adatbázisok által nyújtott információk alapján becsüljük egy adott terület vízgazdálkodási paramétereit, és azokat térképen ábrázoljuk. Munkánk,

a fenti céllal indított becslési módszer kidolgozásának kezdeti eredményeit foglalja össze.

Anyag és módszer

Ahhoz, hogy az AIIR adatbázis korlátozott talajtani információit vízgazdálkodási szempontból értékelhessük, illetve a vízgazdálkodási tulajdonságokat a talajok termékenységével összevethessük, a Várallyay-féle FVV (10x10) vízgazdálkodási kategóriamátrix 5 kategóriakódra leegyszerűsített, könnyebben becsülhető változatát hoztuk létre elsőként. Várallyay (1982) dolgozta ki a talajok vízgazdálkodási tulajdonságait ábrázoló nagy méretarányú térképezés módszertanát (FVV: „Fizikai, Vízgazdálkodási és Vízháztartási" tulajdonságok térképezése). Az FVV térképezési módszertan azonban nem terjedt el széles körben, mert a térképezendő területeken általában nem volt mód a kívánt részletességben a vízgazdálkodási jellemzők begyűjtésére.

A TIM adatbázison (Várallyay, 1995), statisztikai klasszifikációs módszerekkel (SPSS / Classification tree – CHAID) alakítottuk ki az 5 számjegyű, max. 10 fokozatú vízgazdálkodási *kategóriamátrixot (1. táblázat)*. Ezt követően – szintén klasszifikációs módszerekkel - kidolgoztunk egy un. *csoportbecslési eljárást*, melynek segítségével a talajgenetikai információk és a talajtani alapvizsgálati adatok alapján a talajok a vízgazdálkodási kategóriamátrix szerinti kódszámokkal jellemezhetők.

A fenti becslőmódszert alkalmazva az AIIR adatbázis talajaihoz is hozzárendeltük az 5 számjegyű vízgazdálkodási kategóriakódokat, majd – statisztikai csoportképzési módszerekkel – növényenként összevontuk a hasonló termékenységű, de különböző vízgazdálkodási kategóriakódokkal jellemezett talajokat. Vizsgáltuk a kialakított *„vízgazdálkodási termékenységi csoportok"* jellegzetes termékenységi mutatóit búza, kukorica, napraforgó és cukorrépa növényekre.

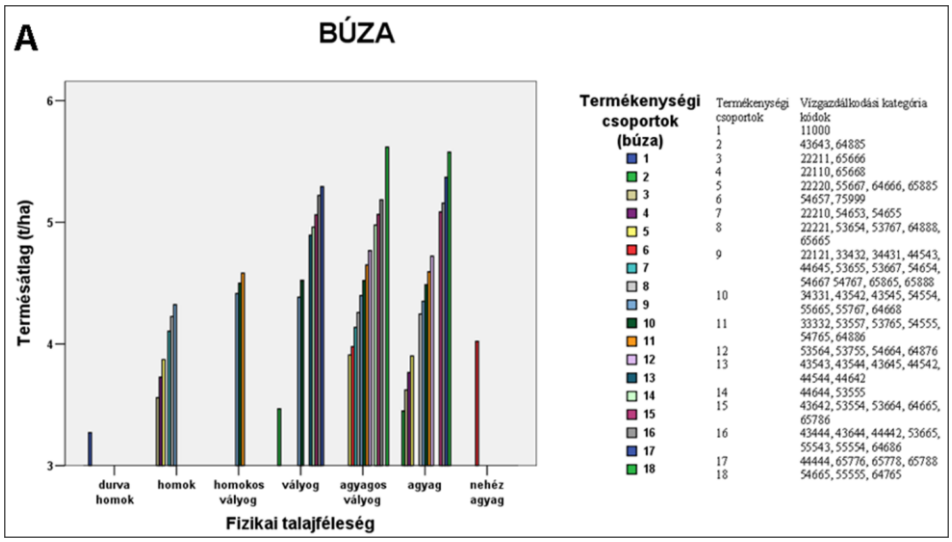
1. táblázat. Egyszerűsített vízgazdálkodási kategóriamátrix (5 x 10)

Kód és a kódhoz tartozó talajtulaj-donság	Kategóriák									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Vízvezető képesség (cm/nap)	-	> 10000	1000 – 10000	100 – 1000	10 - 100	1 - 10	0,1 - 1	0,1>	-	-
2. Maximális vízkapacitás (pF0) (tf%)	-	< 41	41 – 43,5	43,5 - 46	46 - 50	50 <	-	-	-	-
3. Szántóföldi vízkapacitás (pF2,5) (tf%)	< 18	18 - 23	23 – 25	25 - 27	27 - 30	30 - 33	33 - 36	36 – 38	38 - 40	40<
4. Holtvíztartalom (pF4,2) (tf%)	< 5	5 - 9	9 – 11	11 - 13	13 - 17	17 - 19	19 - 22	22 – 24	24 - 27	27<
5. Higroszkópos nedvességtartalom (pF6,2) (tf%)	< 0,8	0,8 – 1,3	1,3 – 1,6	1,6 - 2	2 – 2,6	2,6 – 3,5	3,5 - 4	4 – 4,5	4,5 - 5	5<

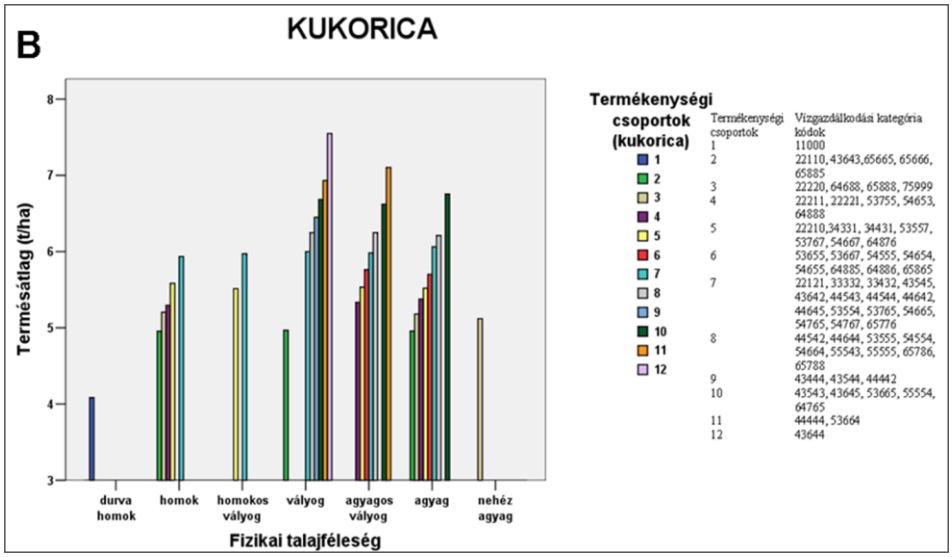
Eredmények

A TIM adatbázison kidolgozott csoportbecslési módszer pF-görbe becslési hatékonysága megfelelő, mert 3%-os hibahatár esetén az 64%; a pF0-értékhez tartozó nedvességtartalom kivételével pedig 70%. A pF-görbe becslés hatékonyságát a pF0 (maximális vízkapacitás) értékek becslési pontosságának növelésével lehetne elérni, melyhez az alapot a talajok tömődöttségére vonatkozó információ jelenthetné. Sajnos a rendelkezésünkre álló térképi és termékenységi adatbázisokban ilyen információk nincsenek.

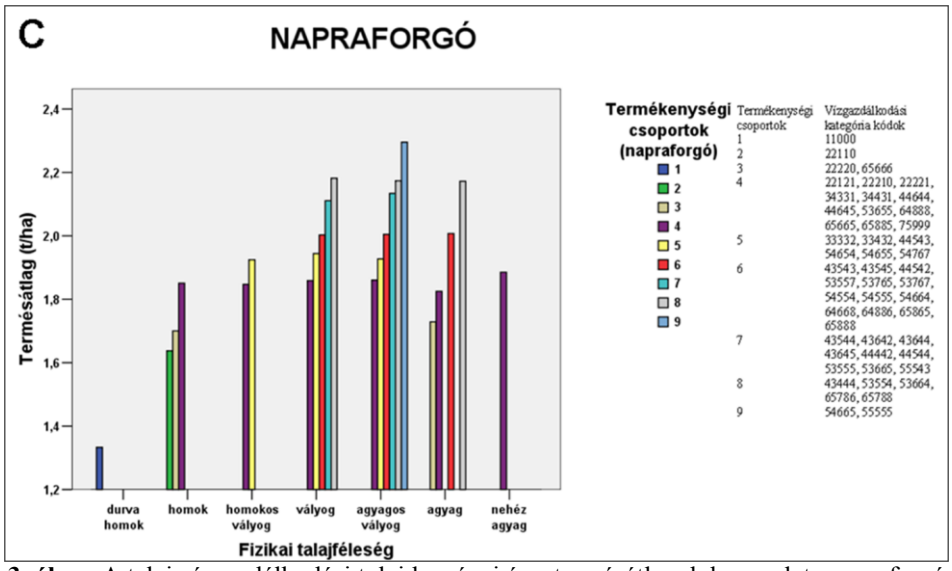
Az *1-4. ábrákon* növényenként, fizikai talajféleségenként és *„vízgazdálkodási termékenységi csoportonként”* mutatjuk be az AIIR táblák termésátlagait, illetve feltüntetjük az egyes termékenységi csoportokhoz tartozó vízgazdálkodási kategóriakódokat. Megállapítható, hogy a talajok termékenységét – növényenként és fizikai féleségenként is eltérő módon – határozzák meg a talajok vízgazdálkodási jellemzői.



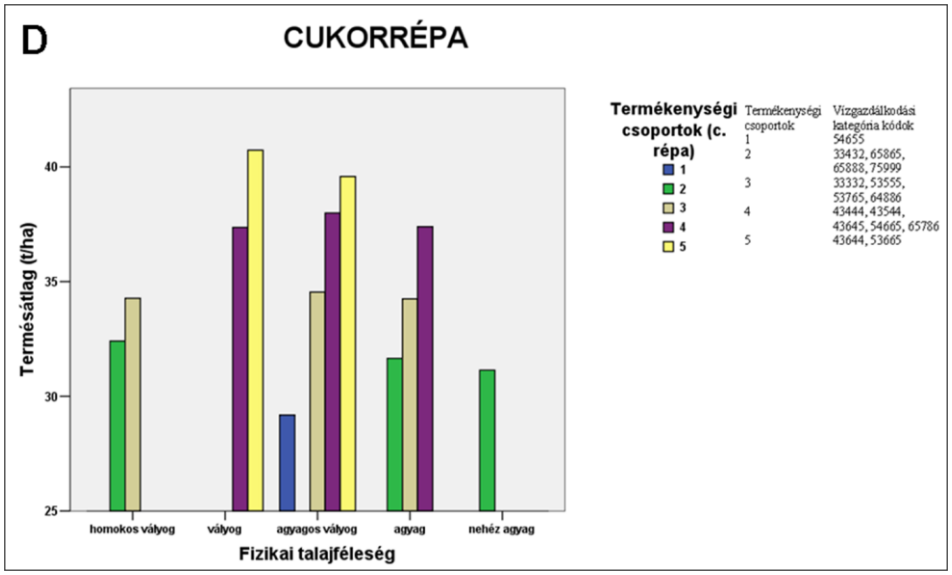
1. ábra. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai és a termésátlagok kapcsolata búza esetén



2. ábra. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai és a termésátlagok kapcsolata kukorica esetén



3. ábra. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai és a termésátlagok kapcsolata napraforgó esetén



4. ábra. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai és a termésátlagok kapcsolata cukorrépa esetén

Köszönetnyilvánítás

Munkánk az OTKA T048302. sz.; az NKFP 4/15/2004. sz. és a GVOP (AKF) -2004 – 3.1.1 sz. kutatási pályázatok támogatásával készült.

Irodalom

Várallyay Gy. 1982. A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságait, valamint vízháztartását ábrázoló nagyméretarányú térképezés módszertana, Kézirat. MTA TAKI, Budapest.

Várallyay, Gy. (ed.) 1995. TIM: Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer. I. Módszertan. FM Növényvédelmi és Agrárkörny.gazd.-i Főosztálya. Budapest.

Várallyay, Gy. 2005. Magyarország talajainak vízraktározó képessége. Agrokémia és Talajtan, 54. 5-24.

A vetésszerkezet és a talajtermékenység összefüggései

Tóth Zoltán – Hermann Tamás – Kismányoky Tamás
Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar
8360 Keszthely, Deák Ferenc u. 16., e-mail: tothz@georgikon.hu

Összefoglalás

Szabadföldi tartamkísérletben két különböző vetésforgóban vizsgáltuk az egyes tápanyagkezelések (kontroll, műtrágya, műtrágya+istállótrágya) hatását a talaj szervesanyag tartalmára, NO_3^--N tartalmára, felvehető foszfor és kálium tartalmára, kémhatására valamint $CaCO_3$ tartalmára vonatkozóan Keszthelyen, Ramann-féle barna erdőtalajon. A talajmintákat a kísérlet 41. évében a nyolcadik rotáció után vettük a 0-300 cm-es talajmélységben 20 cm-es rétegenként a kukorica parcellákból

A kísérleti kezelések fenti paraméterekre gyakorolt hatása számos esetben igazolható volt.

A mélység növekedésével minden kezelésben fokozatosan csökkent a szervesanyag tartalom, majd az 1 m-es szintet elérve a mélyebb rétegekben már nem változott jelentősen. Mindemellett a lucernás vetésforgóban a talaj felső rétegeiben kissé magasabb szervesanyag tartalom értékek voltak mérhetők a lucernát nem tartalmazó forgóhoz viszonyítva. Legmagasabb volt a szervesanyag tartalom a műtrágya+istállótrágyázott parcellákon, míg legalacsonyabb a kontroll parcellákon.

A lucernás vetésforgóban és trágyázás hatására jelentősen magasabb volt a nitrát nitrogén tartalom a 0-1 m-es mélységben.

A trágyázás jelentősen növelte a talaj felvehető foszfortartalmát, ami a mélység növekedésével csökkent és a 40-60 cm-es réteget elérve már nem volt kimutatható különbség a kezelések hatása között.

A trágyázás jelentősen növelte a talaj felvehető kálium tartalmát, ami a mélység növekedésével csökkent és a 80-100 cm-es réteget elérve már nem volt kimutatható különbség a kezelések hatása között. A trágyázott parcellákon a lucernás vetésforgóban alacsonyabb volt a felvehető kálium tartalom.

A lucernás vetésforgóban alacsonyabb volt a talaj felső rétegeinek pH-ja, mint a lucernát nem tartalmazó forgóban. A trágyázás kis mértékben (nem szignifikánsan) szintén csökkentette a pH-t ebben a vetésforgóban.

Tendencia jelleggel megfigyelhető, hogy a lucernás vetésforgóban a trágyázott parcellákon alacsonyabb a talaj mész tartalma a többi kezeléshez viszonyítva, ami összefüggésbe hozható a talaj pH esetében tett megállapításokkal, magyarázatul szolgálva az ezeken a parcellákon mért savanyúbb pH értékek kialakulásához.

Bevezetés, irodalmi áttekintés

A talaj termékenységének kialakulására az edafikus és klimatikus tényezők mellett ill. ezekkel összefüggésben jelentős szerepe van a felszínt borító növényállománynak. A különböző növények fiziológiai és morfológiai sajátosságaikon keresztül közvetlenül, de a talajban visszamaradt

rezidumaiknak köszönhetően közvetett úton hosszú távon is befolyásolhatják a talajok termékenységét. Szántóföldi körülmények között ezért a talajtermékenység fenntartásának fontos tényezője lehet a növények termesztésének térben és időben megvalósuló rendszere, a vetésváltás, ill. a vetésforgó.

A vetésforgó, vetésváltás és a biológiai diverzifikáció már régóta a sikeres növénytermesztés alapja. A fenntartható fejlődés koncepciójának megvalósítása sem nélkülözheti a vetésforgók használatát (FRANCIS et al. 1990, EDWARDS et al. 1990, LAL és PIERCE 1991). Általa tudjuk mobilizálni a természetes erőforrásokat a talaj termékenysége tekintetében és tudjuk megvalósítani az integrált növényvédelem feladatait (KISMÁNYOKY és TÓTH 1997).

Vetésforgó alkalmazásával - összhangban más agrotechnikai eljárásokkal (trágyázás, talajművelés, öntözés) - fenntartható és fokozható a talaj termőképessége (NEMES 1971, TISDALE és NELSON 1966, FERTS 1955). A szervesanyag-gazdálkodás szempontjából KEMENESY (1961) humusz gyarapító illetve fogyasztó növényeket különböztetett meg, melyek vetésforgón belüli arányával szinten tartható vagy gyarapítható a talaj szervesanyag-készlete. Martonvásáron végzett kísérletekben kimutatták, hogy a talaj humusztartalmának alakulására elsősorban a talajművelés rendszerének, másodsorban a trágyázásnak, míg a vetésforgónak csak harmadsorban van jelentősége (GYŐRFFY 1975).

Munkánk során a különböző növény összetételű vetésforgóknak és az eltérő trágyaadagoknak a talaj szervesanyag tartalmára, NO_3^--N tartalmára, felvehető foszfor és kálium tartalmára, kémhatására valamint $CaCO_3$ tartalmára ill. annak mélységbeli alakulására gyakorolt hatását vizsgáltuk.

Vizsgálati anyag és módszer

Vizsgálatainkat a Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar Kísérleti Telepén végeztük Keszthelyen szabadföldi vetésforgó tartamkísérletben. A tartamkísérletet 1963-ban Kemenesy Ernő irányításával állították be.

A kísérlet talajtípusa Ramann-féle barna erdőtalaj, humuszban és foszforban gyengén, káliummal közepesen ellátott. Átlagosan a humusztartalom 1,6-1,7 %, ammóniumlaktát oldható P_20_5 tartalom 60-80 mg/kg, K_20 tartalom 140-160 mg/kg, pH H_20-ban 7,0-7,5, KCl-ban 6,8-7,0. Az évente átlagosan lehullott csapadék mennyisége: 650 mm, a csapadékos napok száma: 161, az átlagos évi középhőmérséklet: 10.8 ^oC.

A tartamkísérlet két ötszakaszos vetésforgót foglal magába négy-négy ismétlésben, melyek közül az egyik évelő pillangóst tartalmaz (őszi búza – lucerna – lucerna - őszi búza - kukorica), a másik pedig egyéves növényekből áll (őszi búza – zabosbükköny - őszi búza – kukorica - szudánifű). A kísérlet kéttényezős, sávos elrendezésű kísérletként értékelhető, melyben a

tápanyagadagok és a vetésforgók növényösszetételének hatását vizsgáltuk. A tápanyagadag kezelések négy különböző tápanyag ellátási szintet reprezentálnak, melyek évről évre az éppen sorra kerülő növénytől függően változnak, de egy teljes rotáció során (öt év alatt) az egyes vetésforgók azonos kezeléseiben kijuttatott tápanyagadagok megegyeznek egymással (kontroll, 520 kg NPK/ha/5 év, 2080 kg NPK/ha/5 év, 2080 kg NPK+35 t istállótrágya/ha/5 év). Az istállótrágyát mindkét forgóban ötévente a kukorica előtt egy adagban juttatják ki.

Vizsgálatainkat a kontroll, a 2080 kg NPK/ha/5 év, ill. a 2080 kg NPK+35 t istállótrágya/ha/5 év kezelésekben végeztük. A talajmintákat 2003 őszén vettük a kísérlet kukorica parcelláiból betakarítás után 0-300 cm mélységből 20 cm-es rétegenként.

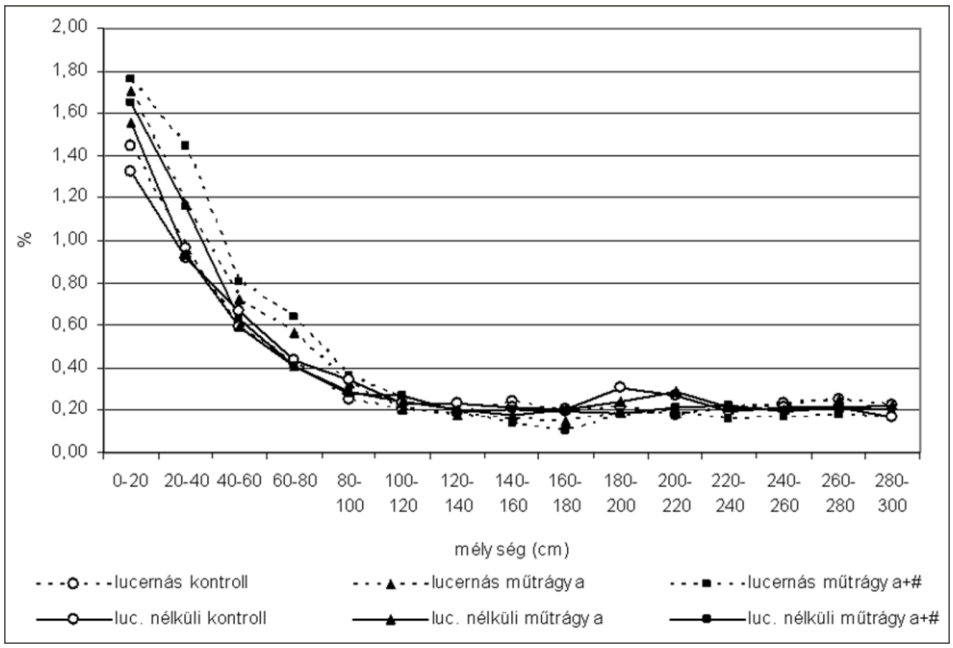
Vizsgálati eredmények

A talaj szervesanyag tartalma

A talajszervesanyag tartalom adtainak biometriai feldolgozása során azt az eredményt kaptuk, hogy a talaj szervesanyag tartalmára szignifikáns hatást egyedül a vizsgálati mélység gyakorolta (0,1 %-os szinten) a vetésforgó növényösszetételének illetve a tápanyagellátás változatainak hatása nem volt szignifikáns.

Tendencia jelleggel megállapítható azonban, hogy a talaj felső rétegeiben a szervesanyag tartalom *(1. ábra)* a lucernás vetésforgóban kijuttatott nagyadagú műtrágya+istállótrágya kezelésben volt a legnagyobb (1,76%). Nem sokkal marad alatta ugyancsak ebben a vetésforgóban a nagyadagú műtrágya hatása. Nem mutatkozik különbség a nagyadagú műtrágyával kezelt lucernás vetésforgó, valamint a lucerna nélküli nagyadagú műtrágya+istállótrágya kezelésben részesített vetésforgóban mért szervesanyag tartalom egészen 40-60 cm mélységig. Ezt követően 80-100 cm mélységig jelentkezik némi eltérés.

Legalacsonyabb szervesanyag tartalom a kontroll parcellákon jelentkezik mindkét vetésforgóban. A szervesanyag mennyisége a legnagyobb százalékban a talaj legfelső 40 cm-es rétegében mutatható ki, bármely kezelés és vetésforgó esetében. 80-100 cm mélységben, illetve az alatt szignifikáns eltérés nem figyelhető meg a talaj szervesanyag tartalmában a különböző műtrágyaadagok, illetve istállótrágya hatására az adott vetésforgókban. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az istállótrágya és a lucerna pozitívan befolyásolta a szervesanyag mennyiségét a talajban.



1. ábra. A talaj szervesanyag tartalmának mélységi változása különböző vetésforgókban (Keszthely, 2004)

A talaj NO_3^--N tartalma

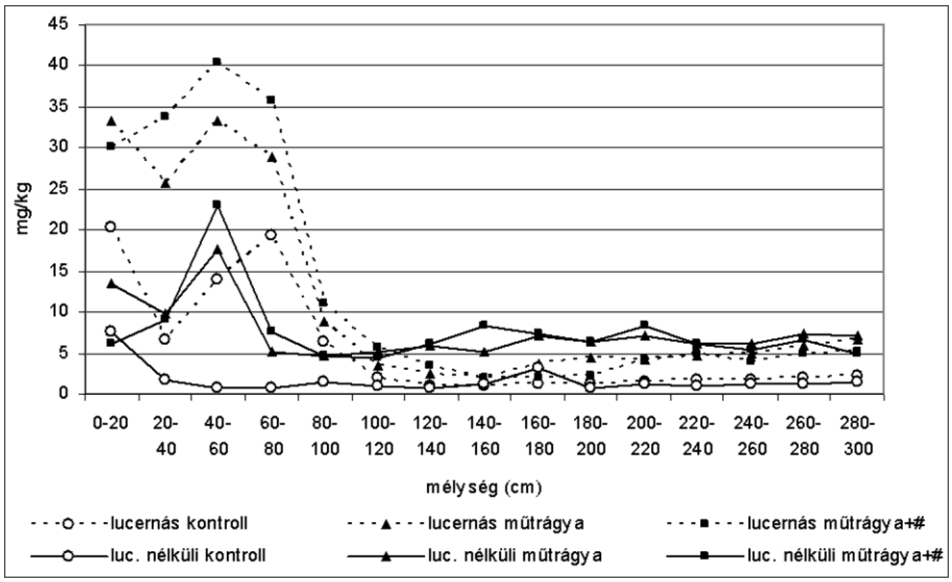
A talaj nitrát nitrogén tartalmának biometriai feldolgozása során mindhárom tényező (vetésforgó, tápanyagellátás, mélység) hatása szignifikánsnak bizonyult (0,1 %-os szinten). Ugyancsak szignifikáns volt a vetésforgó×mélység, ill. a tápanyagellátás×mélység kölcsönhatás is (0,1 %-os szinten).

Kiugróan magas volt a talaj NO_3^--N tartalma a lucernát tartalmazó vetésforgó esetében a 40-60 cm-es rétegben *(2. ábra)*, mind a nagyadagú műtrágya, mind a nagyadagú műtrágya+istállótrágya alkalmazása esetén, majd a 80-100 cm-es mélységhez közeledve rohamosan csökkent a mennyisége. A 120-140 cm-nél mélyebb rétegekben pedig már nem ingadozott jelentősen.

A lucernás vetésforgó kontroll parcellájának felső 20 cm-es rétgében jelentős NO_3^--N tartalom volt kimutatható, mely hirtelen csökkenést, majd emelkedést mutatott a mélység növekedésével a 60-80 cm-es rétegben. Ezt követően a 100-120 cm-es mélységig folyamatosan csökkent, ahol beállt egy egyenletes alacsony szintre. Ezek az eredmények, a lucerna nitrogén megkötő képességével magyarázhatók.

Nem voltak jelentős ingadozások a lucerna nélküli vetésforgó kontroll parcelláinak esetében, folyamatos, egyenletesen alacsony szint volt megfigyelhető. Lucerna nélküli vetésforgóban egymást megközelítő eredményeket kaptunk nagyadagú műtrágya, valamint az azon felül még

pluszba adott istállótrágyás kezelés hatására, de a talaj felső 20 cm-es rétegében az istállótrágyázott parcellákon alacsonyabb volt a nitrát tartalom. A lucerna nélküli vetésforgó trágyázott parcelláin a talaj nitrát tartalma a 60-80 cm-nél mélyebb rétegekben nem változott jelentősen.



2. ábra. A talaj NO_3^--N tartalmának mélységi változása különböző vetésforgókban (Keszthely, 2004)

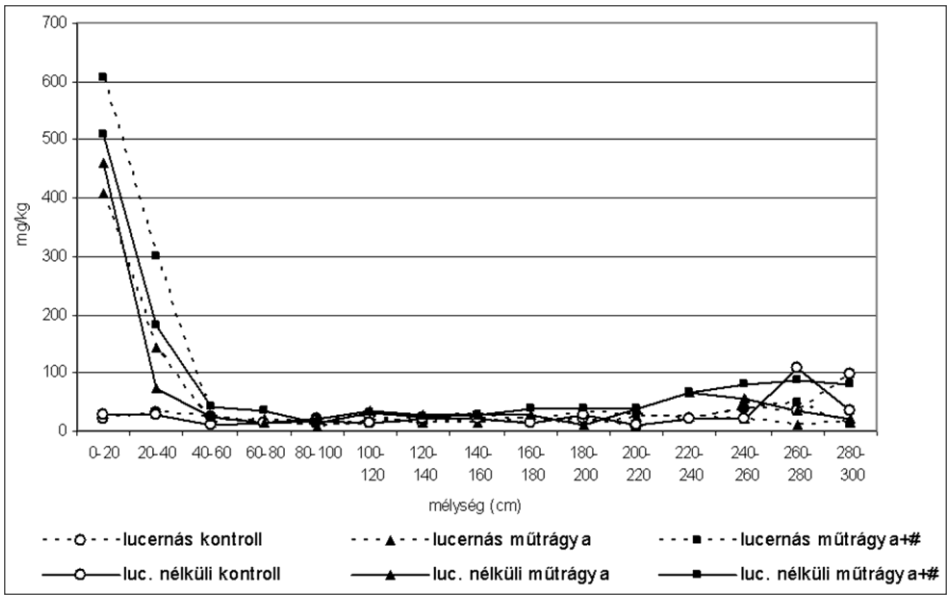
A talaj AL-P_2O_5 tartalma

A talaj AL-P_2O_5 tartalmának biometriai feldolgozása során szignifikánsnak a tápanyagellátás és a vizsgálati mélység hatása bizonyult (0,1 %-os szinten). Ugyancsak szignifikáns volt a tápanyagellátás×mélység kölcsönhatás (0,1 %-os szinten).

A talaj felvehető foszfor tartalma *(3. ábra)* a lucernát tartalmazó vetésforgó nagyadagú műtrágya+istállótrágya kezelése esetében volt a legnagyobb, de folyamatos csökkenést mutatott a 40-60 cm-es mélységig, majd egyenletesen alacsony értéket vett fel. Hasonló, de alacsonyabb értékekkel jellemezhető a lucerna nélküli vetésforgó nagyadagú műtrágya+istállótrágya kezelésének hatása.

Megközelítőleg egyforma értékeket vett fel a lucernát nem tartalmazó nagyadagú műtrágyás és a lucernás vetésforgó nagyadagú műtrágya kezelése, bár az előbbi 20 cm-es rétegig magasabb, míg mélyebben alacsonyabb értéket mutatott (a vetésforgó hatása nem szignifikáns). A kontroll parcellák mindkét vetésforgó esetében rendkívül alacsony felvehető foszfortartalmat mutattak a talaj bármely mélységében, számottevő különbség nem volt a lucernát

tartalmazó és a lucerna nélküli vetésforgó eredményei között. A trágyázásnak a talaj felső 0-40 cm-es rétegében volt kimutatható hatása. A felvehető foszfor tartalom a 40-60 cm-es réteget elérve beállt egy minimális szintre és nem változott jelentősen a mélyebb rétegekben. Ebben a mélységben a vetésforgó változatai között sem volt eltérés. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a műtrágyázáson túl az istállótrágya is jelentősen befolyásolta a talaj felvehető foszfor tartalmát a talaj felső rétegeiben.



3. ábra. A talaj felvehető foszfor tartalmának mélységi változása különböző vetésforgókban (Keszthely, 2004)

A talaj AL-K_2O tartalma

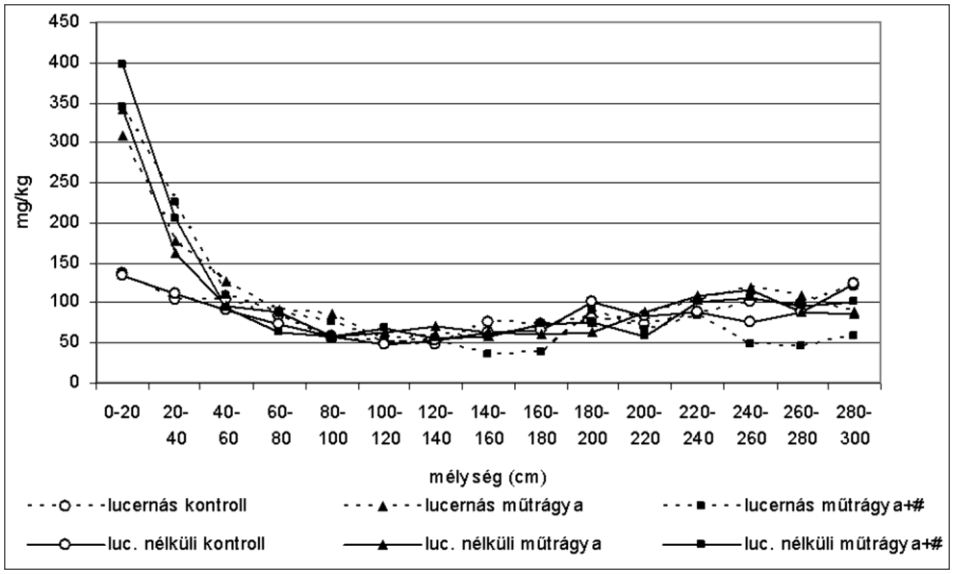
A talaj AL-K_2O tartalmának biometriai feldolgozása során a felvehető foszfortartalom esetében kapott eredményekkel teljesen megegyező szignifikancia viszonyokat kaptunk. Szignifikánsnak ebben az esetben is a tápanyagellátás és a vizsgálati mélység hatása bizonyult (0,1 %-os szinten). Ugyancsak szignifikáns volt a tápanyagellátás×mélység kölcsönhatás (0,1 %-os szinten).

A talaj felső 20 cm-es rétegében a lucerna nélküli vetésforgó műtrágyás+istállótrágyás kezelésében volt a legnagyobb a talaj felvehető kálium tartalma *(4. ábra),* valamivel alacsonyabb értéket vett fel a lucernás vetésforgó műtrágyás+istállótrágyás, ill. a lucerna nélküli vetésforgó műtrágyás kezelése, majd ezt követte a lucernás vetésforgó műtrágyázott kezelése. Legalacsonyabb értékek a kontrollparcellákon voltak mérhetők, ahol lényeges

különbségek nem voltak kimutathatók a vetésforgók között (a vetésforgók hatása nem szignifikáns).

A talaj felső rétegeiben volt a legmagasabb a felvehető kálium tartalom, valamennyi kezelésben és forgóban, ami a mélység növekedésével fokozatosan csökkent és a 60 cm-es mélységtől lefelé egyenletesen alacsony szinten maradt.

Az eredmények alapján a felvehető foszfortartalomhoz hasonlóan megállapítható, hogy a műtrágyázáson túl az istállótrágya is növelte a talaj felvehető kálium tartalmát a talaj felső rétegeiben, továbbá a trágyázott parcellákon a lucernás vetésforgóban alacsonyabbak voltak a mért értékek.



4. ábra. A talaj felvehető kálium tartalmának mélységi változása különböző vetésforgókban (Keszthely, 2004)

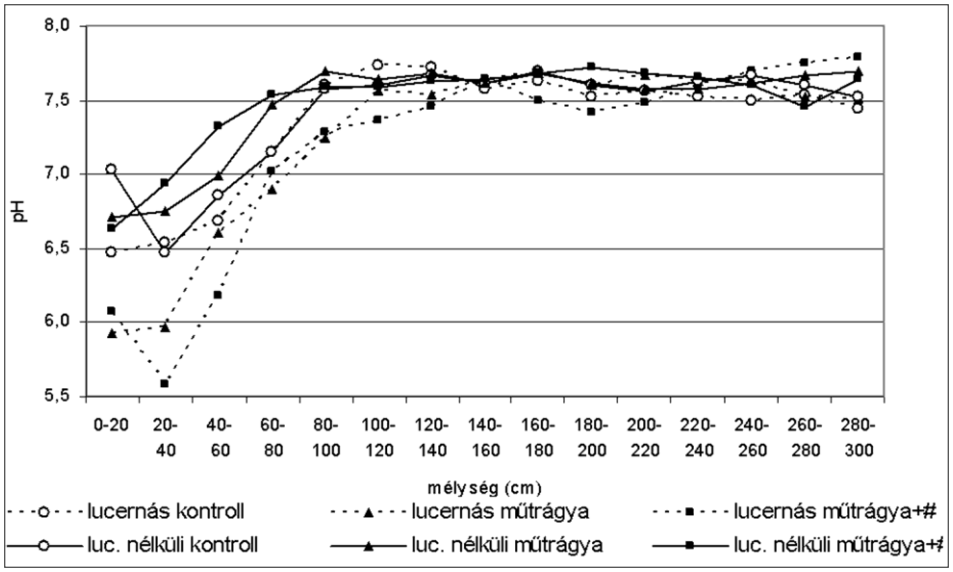
A talaj kémhatása (pH_{KCl})

A talaj pH adatainak statisztikai kiértékelése során szignifikánsnak a vetésforgó és a vizsgálati mélység hatása bizonyult (0,1 %-os szinten).

A lucernát tartalmazó vetésforgó nagyadagú műtrágya+istállótrágya kezelésében volt a legalacsonyabb a pH (5,58) a talaj 20-40 cm-es rétegében, illetve a lucernás vetésforgó nagyadagú műtrágya kezelése esetében is hasonló eredmény volt kimutatható *(5. ábra)*. A lucernás kontroll parcellák pH értékei magasabbak voltak az előbbiekhez képest, de alatta maradtak a lucerna nélküli forgóban mért különböző kezelések értékeinek. A lucernát tartalmazó vetésforgó esetében a talaj kémhatása alacsonyabb, savasabb, majd a mélység növekedésével a pH folyamatos emelkedése volt megfigyelhető, míg a 140-160

cm-es rétegtől 7,5 körüli pH értékre állt be és nem volt jelentős különbség a kezelések hatása között.

A felső 1 m-es rétegben magasabb pH értékek jellemezték a lucerna nélküli vetésforgó valamennyi kezelését, mely abból adódhat, hogy itt nem szerepel a lucerna, amely mész igényénél, felhasználásánál fogva csökkenti a talaj pufferkapacitását, így csökkentheti a pH-t. A talaj kémhatását tehát a vetésforgóban szereplő növények (feltételezhetően elsősorban a lucerna) tartamhatása szignifikánsan befolyásolta. Igazolhatják ezt a megállapítást a talaj $CaCO_3$ tartalmának vizsgálati eredményei is.



5. ábra. A talaj kémhatásának mélységi változása különböző vetésforgókban (Keszthely, 2004)

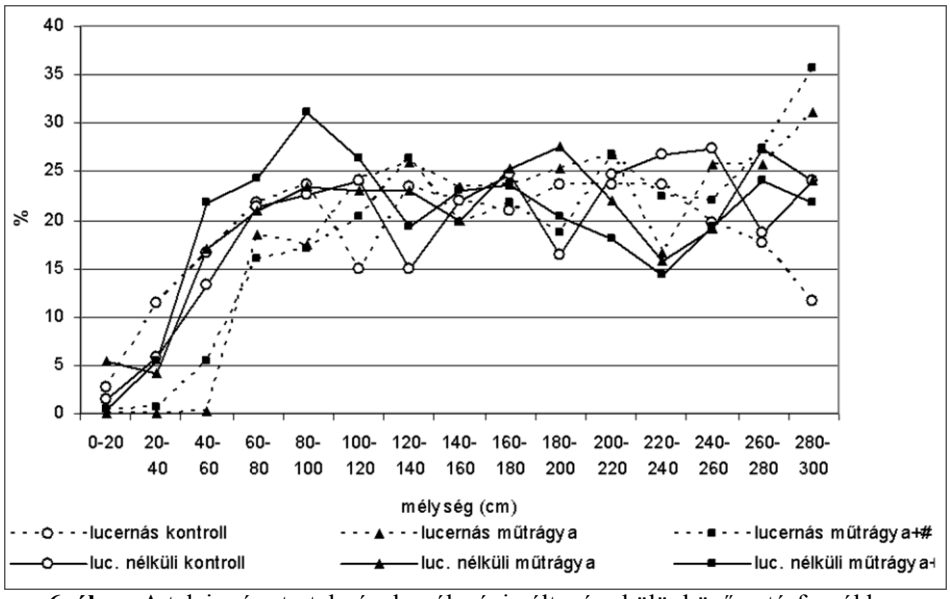
A talaj $CaCO_3$ tartalma

A talaj $CaCO_3$ tartalmának biometriai értékelése során azt az eredményt kaptuk, hogy a vizsgálat tényezői közül egyedül a vizsgálati mélység hatása volt szignifikáns (0,1 %-os szinten).

A lucernát tartalmazó vetésforgóban nagyadagú műtrágya, illetve nagyadagú műtrágya+istállótrágya kezelés esetében a talaj 40-60 cm-es mélységéig a $CaCO_3$ tartalom szinte nulla, míg a többi kezelésben némileg magasabb értékeket kaptunk *(6. ábra)*. Ezek a mérési eredmények a lucerna mészigényességével hozhatók összefüggésbe. A mélység növekedésével fokozatos emelkedés mutatkozott, majd 100 cm-es rétegtől lefelé haladva ingadozás látható, 17 és 25 % körüli értékekkel, ami azonban már nem a

kísérleti tényezők hatásával, hanem a talajszelvény természetes mésztartalombeli változatosságával hozható összefüggésbe.

Kiugróan magas volt a mésztartalom a lucerna nélküli vetésforgóban nagyadagú műtrágya+istállótrágya kezelésben a 80-100 cm-es mélységben, felülmúlva valamennyi kezelés eredményét a 40-120 cm-es rétegben. A lucernát nem tartalmazó vetésforgó trágyázott parcelláin a talaj $CaCO_3$ tartalma mindig meghaladja a lucernás vetésforgó értékeit a talaj felső rétegeiben, míg a kontroll parcellákon a lucernás vetésforgóban volt magasabb a mésztartalom. A lucerna jelenléte a vetésforgóban szignifikánsan ugyan nem igazoltan, de tendencia jelleggel befolyásolta a talaj mésztartalmát a felső rétegekben, ami összefüggésbe hozható a talaj pH esetében tett megállapításokkal.



6. ábra. A talaj mész tartalmának mélységi változása különböző vetésforgókban (Keszthely, 2004)

Köszönetnyilvánítás

Vizsgálatainkat az OTKA F 042641, az OTKA T 046845 sz., a GVOP-3.1.1.-2004–05-0001/3.0, valamint az NKFP 4/015/2004 kutatási programok támogatásával végeztük.

Irodalomjegyzék

Edwards, C. A.; Lal, R.; Madden, P.; Miller, R. H. & House G. 1990. ustainable Agricultural Systems. Soil and Water Conservation Society, Iowa.

Ferts I. 1955. Termőföld. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Francis, C. A.; Flora, C. B. & King, L. D. 1990. Sustainable Agriculture in Temperate Zones. John Wiley&Sons, New York.

Győrffi B. 1975. Vetésforgó-vetésváltás-monokultúra. Agrártudományi Közlemények, Budapest. 34. 61-90.

Kemenesy E. 1961. A földművelés irányelvei. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Kismányoky T. & Tóth Z. 1997. Role of Crop Rotation and Organic Manure in Sustainable Land Use. Agrokémia és Talajtan. 46. 99-106.

Lal, R. & Pierce, F. J. 1991. Soil Management for Sustainability. Soil and Water Conservation Society, Iowa.

Nemes, F. 1971. Növénytermesztés II. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

Tisdale, S. L. & Nelson, W. L. 1966. A talaj termékenysége és a trágyázás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Indukált talajlégzés intenzitásának vizsgálata fémmel kezelt talajokon

Sipeky Csilla[1] *– Árvay Gyula*[2] *– Czakóné Vér Klára*[1]*
[1]Pécsi Tudományegyetem, TTK, Környezettudományi Intézet, Talajtani és Klimatológiai Tanszék 7624 Pécs Ifjúság útja 6.,
e-mail: sipekycsilla@freemail.hu, *czako@ttk.pte.hu;
[2]Baranya Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Talajbiológiai Laboratórium (NAT 501/0773), 7634 Pécs Kodó dűlő 1.

Összefoglalás

Azt az energiaátadó folyamatot, melyben a talajok oxigént nyelnek el, és széndioxidot bocsátanak ki, a talajban élő, anyagcserét folytató szervezetek irányítják. A talajhoz adott glükóz oldat hatására a talajlégzés sajátos módon változhat, ezáltal lehetőség nyílik a talaj informatív mikrobiológiai jellemzésére. Kísérletünk során SIR (Substrate Induced Respiration) módszerrel vizsgáltuk, hogy gyorsan lebomló szénforrás (glükóz) hatására hogyan változik nehézfémmel kezelt talajok mikroba közösségének aktív anyagcserét folytató frakciója.

A laboratóriumi modell-kísérletben három, fizikai féleségében eltérő baranyai talajt (típusos mészlepedékes csernozjom, kovárványos rozsdabarna erdőtalaj, karbonátos réti csernozjom) vizsgáltunk. A talajmintákat két TIM pontról és egy regisztrált helyről vettük. A kezelésekhez a Cu^{2+}, Ni^{2+} és Pb^{2+} vízben oldható vegyületeit ($CuSO_4*5H_2O$, $NiCl_2*6H_2O$, $(CH_3\text{-}COO)_2Pb*3H_2O$) használtuk. A talajokat 0, 50, 200 és 800 kg/ha fémdózissal terheltük. Ismert tömegű talaj CO_2-termelését mértük áramlásos rendszerben infraanalizátorral a kezeléstől eltelt 0., 7., 14. és 28. napokon, óránként egyszer, minimum 8 órás intervallumban. A mért respirációk analóg jeleit ismert CO_2 koncentrációjú gáz jeléhez viszonyítva számszerűsítettük, és mg CO_2 / 100 g talaj / 1 h mértékegységben fejeztük ki. A SIR meghatározását három ismétlésben végeztük el.

Eredményeinkből a következő a következtetéseket vonhatjuk le. Fémszennyezés hatására legnagyobb mértékben a kovárványos rozsdabarna erdőtalaj respirációs aktivitása csökkent. Ezzel szemben a típusos mészlepedékes csernozjom talaj légzési aktivitását megnövelte a fémszennyezés. Az egyes fémeket tekintve elmondhatjuk, hogy a Cu és a Ni ionok jelenléte csökkentette a respirációs aktivitást, míg az Pb ionok emelték. Dózishatást csak a Ni esetében a karbonátos réti csernozjom talajnál tapasztaltunk. A SIR-t befolyásolják a talaj fizikai és kémiai sajátosságai, a fémszennyezés típusa és mértéke, és a szennyezéstől eltelt idő.

Ezzel a kísérlettel modellezhetjük a talajok természetes öntisztuló képességét és a fémszennyezés remediációját.

Summary

The energy transfer process, in wich the soils absorb oxygen and emit carbon dioxide, accomplish in the soil living, metabolyzing organisms. To the soil given glukoz solution may have an specific effect on the soil respiration. This presents an opportunity to describe the microbiological characteristics of soils. In our experiment we use the

SIR (Substrate Induced Respiration) method to study, how change the microbial community of heavy metal treated soils by the influence of quickly decomposytig carbon source (glucose).

In the laboratory model-experiment three different soils have been used from Baranya county: claycoated brown forest soil, pseudomycelliar chernozem, meadow chernozem. Soil samples were taken from registered sites of the Hungarian soil-information-monitoring (TIM) system. The metals were added in water soluble compounds of copper ($CuSO_4*5H_2O$), nickel ($NiCl_2*6H_2O$) and lead ($(CH_3-COO)_2Pb*3H_2O$). Soils were treated with increasing metal concentrations: 0, 50, 200, and 800 kg/hectare. There was measured the CO_2-production of the soil with known mass (100g), in flow-system with infraanalyser on the 0th, 7th, 14th, 28th days after the metal pollution, once per hour, in interval of minimum 8 hours. The laboratory model-experiment was carried out in three parallels.

Based on the results of our measurement the following phenomena were experienced. Among the soils the respiration activity of the claycoated brown forest soil decreased to the greatest extent by these metals. In contrast to this, the respiration capacity of pseudomycelliar chernozem was increased by metal pollution. The Cu and Ni contaminations decreased the respiration, but the lead increased. The effect of the dose has been found only in the case of nickel at the pseudomycelliar chernozem. Beside the soil physical- and chemical properties of soils, the effect of the metal-salts was found to be highly depending on the metals, used and its doses and the time since the pollution.

Through this experiment we can model the natural self-cleaning ability of the soil and the remediation of the pollution.

Bevezetés

Azt az energiaátadó folyamatot, melyben a talajok oxigént nyelnek el, és széndioxidot bocsátanak ki, a talajban élő, anyagcserét folytató szervezetek irányítják. Megkülönböztetünk alaplégzést, mely a talaj természetes CO_2-produkciója, és indukált respirációt, mely a szervesanyag bevitel eredményeként jelentkező CO_2-termelés. A respirációs hányados mértékét az indukált és az alaplégzés hányadosa határozza meg, melyből a CO_2-termelés indukálhatóságára lehet következtetni. A talajhoz adott glükóz oldat hatására a talajlégzés sajátos módon változik, ezáltal lehetőség nyílik a talaj informatív mikrobiológiai jellemzésére.

Kísérletünk során SIR módszerrel vizsgáltuk, hogy gyorsan lebomló szénforrás (glükóz) hatására hogyan változik nehézfémmel kezelt talajok mikrobiális biomasszájának aktivitása. A talaj CO_2-produkciójának kimutatását laboratóriumban, zárt rendszerben végeztük. Célunk volt a szénforrás-adagolás hatásának megfigyelése a talaj mikrobiális aktivitására, biomasszájára, és ezen keresztül a fémmel szennyezett talajok regenerációjában betöltött szerepére.

Anyag és módszer

A fémszennyezett talajok indukált CO_2-produkciójának tanulmányozására *in vitro* modell-kísérletet állítottunk be. A vizsgálatok elvégzéséhez szükséges talajmintákat Magyarország 3 különböző pontjáról gyűjtöttük be (két TIM pont és egy regisztrált hely). A talajok kiválasztásánál elsősorban a fizikai féleség volt a döntő szempont (típusos mészlepedékes csernozjom, kovárványos rozsdabarna erdőtalaj, karbonátos réti csernozjom). A mintákat a talajok felső 10-15 cm-es rétegéből vettük. A kísérlet beindításához a talajt természetes körülmények között levegőn szárítottuk, és átrostáltuk. A vizsgálatba vont talajok legfontosabb fizikai és kémiai jellemzőit az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat. A három teszttalaj fizikai-kémiai jellemzői

Talajtípus	*pH KCl*	*pH H_2O*	*$CaCO_3$ (mg.kg-1)*	*Humusz (%)*	*K_A*	*P_2O_5 tartalom (mg.kg-1)*	*Agyag (%)*	*Iszap (%)*	*Homok (%)*
Kovárványos rozsdabarna erdőtalaj	4.30	5.65	0.00	0.88	28	44	15.30	25.50	59.30
Típusos mészlepedékes csernozjom	7.04	7.84	1.90	2.05	45	22	31.50	33.70	34.90
Karbonátos réti csernozjom	7.17	7.85	0.00	7.24	46	438	32.64	33.73	33.60

A réz-szulfát ($CuSO_4*5H_2O$, koncentráció: 39,29 g/100cm^3), nikkel-klorid ($NiCl_2*6H_2O$, koncentráció: 40,50 g/100cm^3) és ólom-acetát [$(CH_3-COO)_2Pb*3H_2O$, koncentráció: 36,62 g/100cm^3] vízben oldódó sóit növekvő mennyiségben adtuk hozzá a tesztelt talajokhoz: 0, 50, 200 és 800 kg.ha^{-1}.

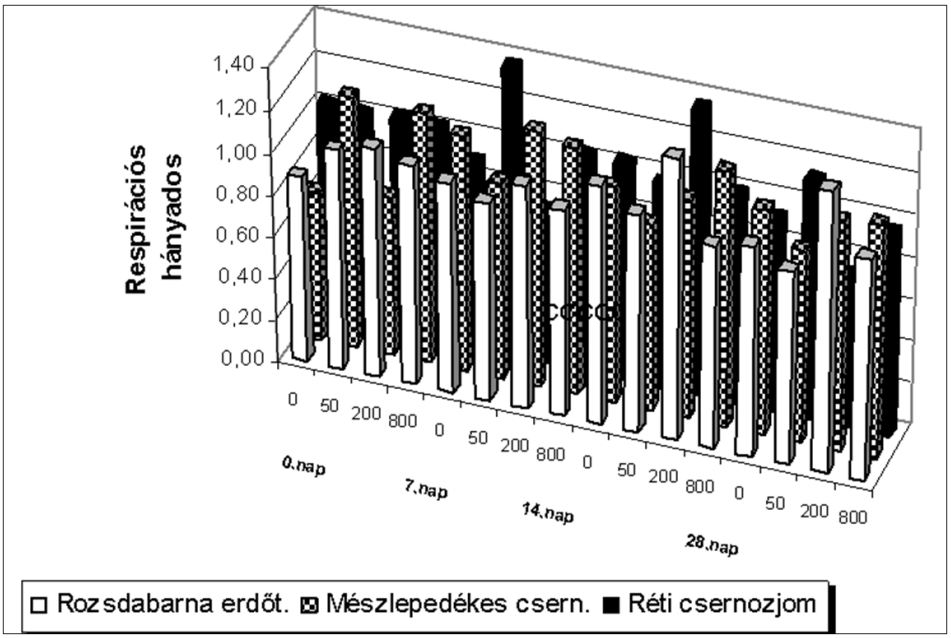
A talajok CO_2-termelését a fémhozzáadást követő 0-dik, 7-dik, 14-dik és 28-dik napokon elemeztük, az európai szabványban előírt módon. A kísérletek három párhuzamosban lettek lefolytatva.

Az indukált légzés méréséhez ismert tömegű (100 g) talaj CO_2-termelését mértük „áramlásos rendszerben" infraanalizátorral (tip. ADC-225-DK3) a kezeléstől eltelt 0.-7.-14.-28. napokon, óránként egyszer, minimum 8 órás intervallumban (OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS. Soil microorganisms: Carbon Transformation Test 217. (21st January 2000.)).

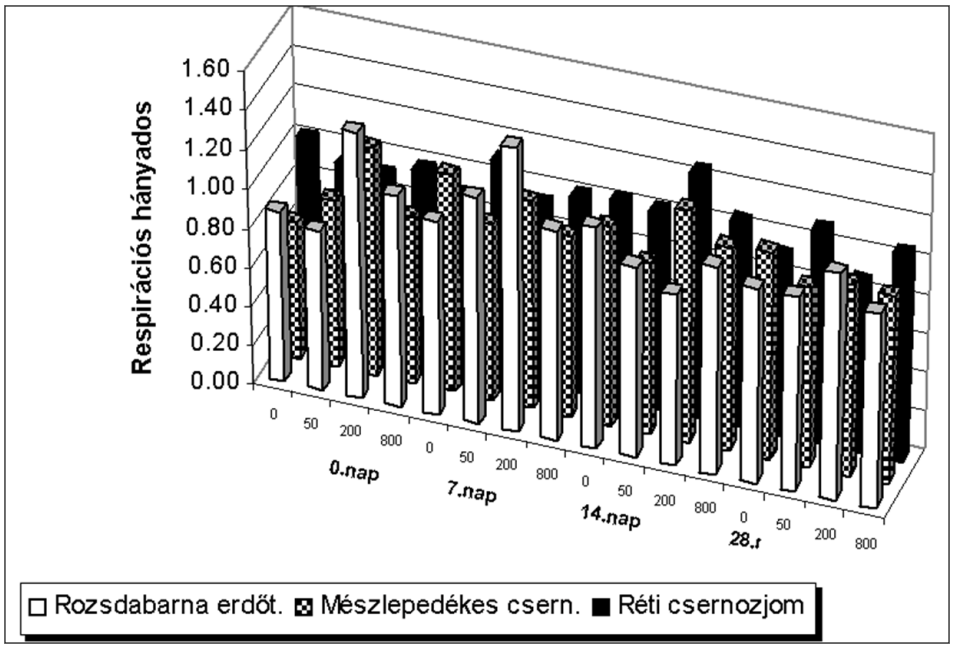
A mért respirációk analóg jeleit ismert CO_2 koncentrációjú (350 ppm) gáz jeléhez viszonyítva számszerűsítettük és mg CO_2 / 100 g talaj / 1 h mértékegységben fejeztük ki. Az adatokat statisztikai módszerekkel dolgoztuk fel és mutatjuk be.

Eredmények és megvitatásuk

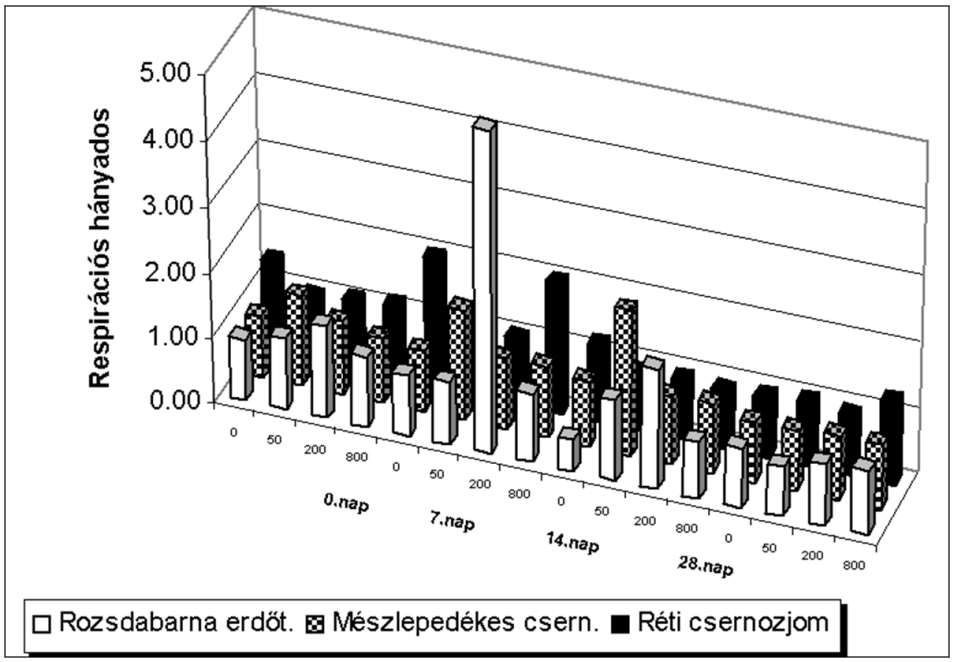
A szénforrás kezelések hatására a SIR értéke mindhárom vizsgált talajnál szignifikánsab nagyobb volt, mint az alaprespiráció intenzitása. Az eredmények azt mutatják, hogy modell kísérletünkben a szénforrás kezelés megnöveli a talajok mikrobiális biomasszájának aktivitását. Kísérletünk felveti a szénforrás kezelés gyakorlati alkalmazásának lehetőségét a fémmel kezelt, degradált mezőgazdasági talajok mikrobiális aktivitásának növelésére. Mivel a SIR a mikrobiálisan aktív biomassza indikátora, ezért érzékenyen jelzi a környezeti feltételek változását. Így a környezetben bekövetkező szennyezések jó jelzőjeként szolgálhat.



1. ábra. A szén-indukció hatása eltérő genetikai típusú rézzel szennyezett talajok respirációjára (mg CO_2/100g talaj/1 h)



2. ábra. A szén-indukció hatása eltérő genetikai típusú nikkellel szennyezett talajok respirációjára (mg CO_2/100g talaj/1 h)



3. ábra. A szén-indukció hatása eltérő genetikai típusú ólommal szennyezett talajok respirációjára (mg CO_2/100g talaj/1 h)

Eredményeink alapján a következõ megállapításokat tehetjük. Cu szennyezés esetén a mikrobiális aktivitás legnagyobb mértékben a réti csernozjom talajnál emelkedett glükóz-indukció hatására. Ni szennyezés esetén a szénforrás-kezelés hatása legnagyobb mértékben a rozsdabarna erdõtalajnál mutatkozott. Pb szennyezés esetén mindhárom genetikai féleségű talaj respirációs aktivitása jelentõs mértékben növekedett az indukció hatására. Mindhárom fémszennyezés esetén megfigyelhetjük, hogy a szén-forrás kezelés hatására jelentkezõ mikrobiális aktivitás növekedés csak a 14. napig tart. Az utolsó mintavételi idõpontpontban (28. nap) már nem figyelhetünk meg légzés-növekedést. A leghatásosabb légzés-indukciót ólom szennyezés esetén tudtuk elérni mindhárom vizsgált talajnál. Dózishatás egyik fémnél sem volt megfigyelhetõ. A szénforrás-hozzáadás hatására megvalósuló respiráció indukció mindhárom talajtípus esetén korrelációt mutat a dehidrogenáz és foszfatáz enzimaktivitás változásával nehézfém terhelés hatására.

Következtetések

A respirációs hányados változásának mérése által lehetõség nyílik a fémmel szennyezett talajok mikrobiális potenciáljának becslésére. A talajlégzés változása ugyanis gyorsabban jelzi a környezeti szennyezéseket, mint a mikroorganizmusok kvantitatív vagy kvalitatív cseréje. Ezért mérése alkalmas módszer lehet a környezeti szennyezõk hatásának kimutatására.

A kísérlet modellezi a fémmel szennyezett talajok természetes remediációjának lehetõségét.

Köszönetnyilvánítás

A mérések a Baranya Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Talajbiológiai Laboratóriumában történtek, köszönet a laboratórium dolgozóinak segítségükért. Az eredmények bemutatása az NKTH támogatásával történt.

Irodalom

ANDERSON J. P. E., DOMSCH K.H. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. Soil Biol. and Biochem. 10. 215-221.

ANDERSON J. P. E. 1987. Carbon mineralisation. Ring test result. Pesticid Effect on Soil Microflora. Edited by Sommerville and M. P. Greaves.

BIRO B., KÖVES-PÉCHI K., VÖRÖS I., TAKÁCS T., EGGENBERGER P., STRASSER R. J., 2000. Interrelation between Azospirillum and Rhizobium nitrogen-fixers and arbuscular mycorrhizal fungi in rhizosphere of alfalfa and sterile, AMF-free or normal soil conditions. Appl. Soil Ecol. 15. 159-168.

OECD GUIDELINE FOR THE TESTING OF CHEMICALS. Soil microorganisms:Carbon Transformation Test 217. (21st January 2000.) (mg CO2/ 100g talaj/ 1 h)

SIPEKY CS., ÁRVAY GY., CZAKÓ-VÉR K. 2006. The effects of copper, nickel and lead contaminations on phosphatase and dehydrogenase enzyme activities of soil with different genetical type. Agrokémia és Talajtan (közlésre beküldve)

SZEGI J. 1979. Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazda Kiadó. Budapest, 234-237.