



Talajgombák és élelvtaminok az egészséges talaj-növény rendszerben

A talajok természet-diktálta élettörténetében, a csupasz talajon idővel egyre nagyobb lesz a felszíni növényborítottság mindaddig, amíg az éghajlatunkon el nem jutunk az úgynevezett záró erdőtársulásig. Ezt a folyamatos gyarapodást és talajépülést **szukcesszió**nak nevezzük. A csupasz talajfelszínen az elsődleges (pionír) élőlények a fotoszintetizáló kék- és zöld algák teremtik meg az alapot a további talajélőlények számára. A baktériumok csökkenésével párhuzamosan a **jótekon**y talajgombák fokozatos felszaporodása következik be a természetes rendszerekben. A baktérium-gomba arányból (B:G) ismereteket szerezhethünk a talajépülés, a talaj javulásának és a talaj egészségének is az állapotáról, így érdemes lehet erre a tulajdonságra is figyelni.

Mikrobiális csalogatás növényi gyökérváladékokkal

Napjaink intenzív talajművelési gyakorlatában a gombákra kevés figyelem fordítódik, vagy ha igen, akkor csakis azt vesszük észre, hogy az úgynevezett „talajeredetű gomba-kórokozók” megjelentek és azok ellen feltétlenül védekezni kell gombaölő szerek (fungicidek) kijuttatásával. A károsításnál a növények toleranciájára, immunitására, vagy a talajok természetes és egészséges ellenálló-képességére (szuppressivitására) nem vagyunk figyelemmel, pedig éppen ez vezet a kár- és kórokozók felszaporodásához.

Az intenzív mezőgazdasági gyakorlat a patogén gombák megjelenéséhez, a talajegészség csökkenéséhez, a fogékony (receptív) talajhoz járul hozzá, amely szerint, mint egy ördögi kör, újabb mezőgazdasági kemikáliákra van szükség.

A talaj folyamatos forgatásával, a hagyományos talajműveléssel kezelt szántóföldeken az ekét boronával végzett másodlagos művelés, majd ezután további szerkezetrombolás, a talaj porítása követi. A talajnak az ilyen és bármilyen eszközzel kivitelezett „zavarása” azonban rendre felszaggatja azokat a hálózatokat (kapcsolattartó rendszereket), a gombafonalak szöve-

dékét, amelyek biztosítanak a növényi tápanyagellátást és védelmet. Számos olyan gomba ismert, amelynek fonalai (hifái) közvetve, indirekt módon is javítják a növények tápanyag-felvételét még a kötöttebb talajokban is. A gombafonal 1-10 mikronos átlagos átmérőjével a talajok kapilláris vizet tartalmazó, 0,2-10 mikron nagyságú mezopórusaiból is képes a vizet feltárni és azt a növényhez juttatni. A gombafonalak továbbá olyan (autó)pályáknak tekinthetők, ahol egyéb, baktériumok is képesek közlekedni és aktívan tevékenykedni. Korábbi munkánkban igazoltuk, hogy a Nitrogén-kötő *Azospirillum* baktérium éppen a gombafonalakban tud úgy „elbújni”, hogy ott csak a számára éppen optimális igen kevés, mindössze csak 5%-nyi oxigén legyen jelen. A gombafonal mikroaerofil környezete a baktérium működését és növekedési hormontermelését biztosította (Biró et al., Tsimilli et al. 2000). A hífahálózat által szállított vízben a növényeket segítő további mikroorganizmusok (baktériumok, aktinomiceták) is fel tudnak szaporodni a növényi gyökér környezetében, és ott sajátos hatóréteg, a rhizoszféra és pozitív eredménye, a rhizoszféra-effektus (Rf) alakul ki. Hiltner (1904) szerint a gyökér körül akár 5-10-100-szor is több lehet a talaj-élőlények száma, mint a gyökér nélküli talajban.

■ **A rhizoszféra hatás kialakulásakor a növény az adott talajból válogat, így a gyökerek mikrobiológiai vizsgálatával képet kaphatunk a talaj önálló életerejéről és a növény-növekedést-támogató képességéről is. Érdemes ezért a gyökérrendszer Gomba:Baktérium összetételét és arányát is figyelembe venni a talaj tápanyagszolgáltató képességének megítélésénél.**

A rhizoszféra effektus azért alakul ki, mert a növény, hogy minél több tápanyaghoz folyamatosan hozzájuthasson kémiai csalogató anyagokat (exudátumokat) választ ki a gyökerén keresztül. Az általa, a fotoszintézis során megtermelt anyagainak (az asszimilátumoknak) naponta akár a negyedét (20-25 %-át) is képes feláldozni, hogy viszonzásul hozzájusson a neki szükséges szerves tápelemekhez. A növény által kiválasztott anyagok olyan szerves szén- és nitrogén-források (aminosavak, fehérjék, cukrok és még vitaminok is), amelyek oda-csalogatják az önálló szervesanyag-előállításra nem képes (heterotróf táplálkozású) mikroorganizmusokat, parányilényeket.

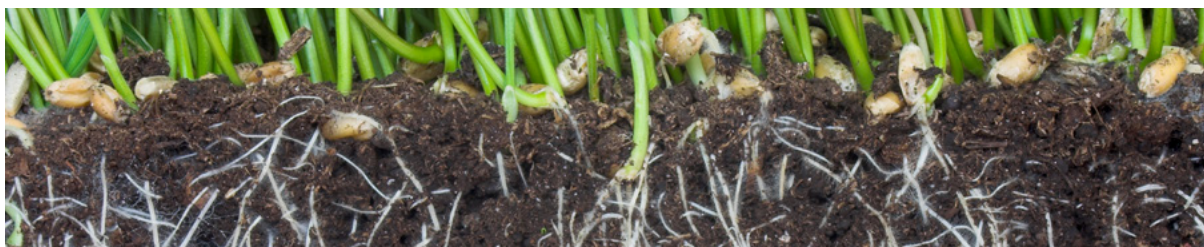
A gyökéren keresztül kibocsátott gyökér-izzadmányokról keveset tudunk, de a legtöbbjük szénhidrát, aminos- és a szerves savak, de lehetnek növekedési faktorok (biotin, tiamin) és hormonhatású vegyületek, vagy a tápelemek felvételét biztosító kelátképző anyagok is.

■ **A növény a gyökérből kibocsátott anyagokat úgy választja meg, hogy az adott talajok és a környezet tulajdonságai szerint az igazodjon a növény saját tápanyagigényéhez, és kezelje lehetőleg a fennálló tápanyag-hiányokat.**

A gyökér-exudátumok között például nagyobb arányban lesznek jelen a vaskelát anyagok akkor, ha nincs elég felvehető vas a talajban, vagy nincsenek jelen azok a baktériumok (pl. a *Pseudomonas* genusz képviselői) amelyek elég vasat tudnának a növénynek feltárni. A tipikus kiválasztott anyagokat egyes növényeknél az 1. táblázat összegzi.

Jellemző gyökérváladékok	búza	kukorica	borsó
szénhidrátok	glükóz	-	fruktóz
aminosavak	leucin	-	triptofán
szerves savak	oxálsav	almasav	-
enzimek	proteáz	foszfátáz	-

1. táblázat: A gyökerek által kibocsátott, növény-függő szerves csalianyagok különbözősége három növénynél



Anyagcsere termékek és hatásuk	Funkciók és alkalmazások	Következmények, eredményesség
Külső szénhidrátok (exopoliszacharidok) kiválasztása	A talaj másodlagos szerkezete javul (morzsalékonyság)	Talajok tápanyag- és víz- megőrzési képessége
Nehézfém-tolerancia	Bioremediációs gyakorlatban használható mikroorganizmusok	A fitotoxicitás és a nehézfém-kockázat mérséklése
Sótűrőképesség	Ozmotikus stressz csökkenése	Növénynövekedés szikes, sós talajon is
Kelát-anyagok kiválasztása	Növényi vas-felvétel, és tápelem-mobilizálás	Biotrágya-hatás, talaj-termékenység
ACC deamináz enzim	Környezeti stresszhatások csökkentése	Patogén védelem; só- és szárazság -tűrés, -védelem
Szalicil-sav (SA)	Növény-környezeti stressz szabályozása	Só-, nehézfém- és szárazság-tűrő képesség, tolerancia
Abszcizin sav (ABA)	Növénynövekedés szabályozása	Erőteljesebb, ellenállóbb növények, patogén-kontrol

2. táblázat: Mikroorganizmusok másodlagos anyagcsere-termékei, amelyek a növénynövekedésre és a növényvédelemre kedvező hatással lehetnek

A gyökerekhez a kémiai anyagok segítségével odavonzott mikroorganizmusok között növény-növekedés-serkentő, PGPR (Plant-Growth-Promoting Rhizobaktérium) szervezeteket is találhatunk. Ezek számos mechanizmus, stratégia szerint tudnak a növényre kedvező hatást kifejteni. Az adott képesség olyan exudált anyagok miatt is létrejöhet, amit a 2. táblázat mutat be részletesebben.

■ A talaj mikrobiális összetételéből jól vizsgálhatók azok a jótékony hatású **növény-növekedést és növény-védelmet** biztosító szervezetek, élettani csoportok, amelyekkel a műtrágyák és peszticidek felhasználása is kellő szakértelemmel **csökkenthető, kizárható**. Érdemes lenne jobban kihasználni ezt a természet-adta lehetőséget.

A gombák számának növekedése a vegetációban

A természet törvényei szerint a talajoknak is van egy életútjuk, ami a hazai mérsékelt égövi klímán az idők során a csupasz talajtól számos közties növény-társulási lépésen keresztül eljut egészen a lombos erdőt jelentő zárótársulásig. Ez a folyamat, a szukcesszió évtizedek és évszázadok során alakul ki. Ezek, a természetes folyamatok által biztosított ökológiai törvényszerűségek lemásolhatók az intenzív mezőgazdasági rendszerekben is annak érdekében, hogy egészségesebb talajok, növények és élelmiszerek jöjjenek létre. Napjainkban az agro-erdészet közelíti használja ki ezt a szemléletet.



Terjed az úgynevezett szintropikus gazdálkodás is, ami fenntarthatóbb és egészségesebb talaj"művelést" jelent. A módszer során sok-sok tényezőre figyelemmel kell lenni; többféle növény-típus és -életmód, növény-növekedési erély, a növénynövekedés ütemezése, stb. Ezt a gazdálkodást nem lehet azonban szinte automatikusan folytatni, hanem állandó odafigyelést igényel. Előnyei, hogy a talaj zavarása helyett a növények az adott klimatikus körülményhez igazodva, egymás élettani tulajdonságait maximálisan összehangolják, a talajok szerves anyagai fokozatosan gyarapodnak és a talaj folyamatos pusztulása helyett egy fenntartható talaj-építés valósul meg.



Napjaink modern mezőgazdasági gyakorlata és a monokultúrák elterjedése riasztó mértékben degradálja a „termő” földet. A talaj egészségi állapota annyira rosszá válik, hogy műtrágyákra és növényvédő-szerekre, külső ember-vezérelt beavatkozásokra van szükség a talaj önálló életerejének a szinte automatikus működése helyett.

Érdemes együttműködni a természettel és segíteni a talajokat, a talaj-növény rendszereket is fenntartó és építő folyamatokat

A dolog érdekessége, hogy a növényi borítottsággal párhuzamosan a talajok folyamatos biológiai összetétele és aktivitása is változik, gyarapodik és javul. A kezdeti baktérium-túlsúly után a talajgombák folyamatos gyarapodása látható, míg végül szinte csak ezek fognak dominálni a növény-talaj rendszerben. A gomba:baktérium (C:B) arány alapján az adott talaj pH-ja, az erősen lúgos, alkalikus körülmény helyett fokozatosan inkább savasabb irányba mozdul el. A nitrogén-felvehetőségénél a kezdeti nitrát-mennyiségeket és túlsúlyt fokozatosan az ammónium ionok váltják fel (3. táblázat).

Kérdés ezek után, hogy vajon mit tanulhatunk a természet-diktálta folyamatokból? Hogyan használhatjuk fel az ökológiai törvények ismeretét a mindennapi mezőgazdasági gyakorlatban? Az egyik ilyen felismerés, hogy a gombák számának növekedése jobb talajállapotot jelent, azaz a talajok lebontó-képességének és így a bio-geo-kémiai tápanyag-körforgásnak is az erősödését. A gombák feldúsulása összefüggésbe hozható a szerves anyagok növekedésével a talaj felszínén és a talaj-rétegekben, és közvetve a talaj további élőlényeinek, a talaj teljes tápanyag-hálózatának is a gyarapodásával. A talajon a mulcshagyó gazdálkodás, a talaj-fedettség és a növénytermesztés köztes időszakában is takaró-növények alkalmazása jelentheti a szerves anyagok megőrzését, és gyarapodását.

A talajgombák és az életvitaminok

A talajgombák nem csak a növényi tápanyag-ellátást biztosíthatják, de a talajok egészségi állapotán keresztül az emberi jóllét is köthető hozzájuk. Bizonyos gombák olyan anyagokat tudnak kibocsátani, amelyeknek antioxidáns, egészségvédő tulajdonságai vannak.

3. táblázat: A gombák számának növekedésével megváltozó talaj-tényezők és a jellegzetes növénytársulások kialakulása az idővel

Tényezők	Baktériumok (B) túlsúlya - szárazabb klíma				Talaj-gombák (G) túlsúlya - nedvesebb klíma			
Hatóévek	1	2	3	10	25	100	200	200+
C:B arány	1:100	1:10	1:3	3:4	1:1	2:1-től 5:1-ig	5:1-től 100:1-ig	100:1-től 1000:1-ig
Vegetáció, főbb növények	ARID, csupasz zavar	GYOMOS Aktinomiceták	KORAI füves társulás	KÖZÉP füvek zöltségek	KÉSEI füvek gabona	BOKROS társulás szőlő	ERDŐ lombos fák	ERDŐ fenyő-félék
Nitrogén tápanyag	főleg nitrát, kevés ammónium			kevesebb a nitrát	azonos arány	főleg ammónium és kevesebb nitrát-tartalom		
Talaj pH-ja	7-10	6,5-8,5	6,5-8,0	6,0-7,5	5,7-7,5	7,0-6,0	7,5-5,0	7,0-5,5



Ilyen anyagok az ergoszterin-típusú (ergotionein, ERGO) anyagok, aminosav-származékok, amelyek a hífahálózat sejtfaalaiban is kiválasztódnak, képesek csökkenteni továbbá az emberi krónikus megbetegedések kockázatát is, „ERGO” (tehát) ezekre jobban figyelni kellene. Az ERGO-fehérjék, mint emberi „élethossz-vitaminok”, és antioxidánsok hatása, hogy képesek csökkenteni a Parkinson kór vagy az Alzheimer kór megjelenését és kockázatát is.

A talajban a gombák azok, amelyek lebontják az alig-, vagy nehezebben hozzáférhető hosszú szénláncú szerves anyagokat (pl. a cellulózt és a lignint). A gombák a talaj táplálékhálózatnak lényeges képviselői, hiszen azok fogyasztására épül számos talajfauna, mint pl. az ugróvillások (*Collembolák*) élete és talajbeli működése is. A gombák által termelt életfontosságú anyagok és a gombák száma is ugyanakkor erősen csökken az egyre intenzívebbé váló talajművelés hatására és a mezőgazdasági vegyszerek, gombaölő szerek (fungicidek) és más biocid anyag (herbicidek, inszekticidek...stb.) felhasználásával. Ahogy azonban a szukcesszió példája is mutatta, a talajok egészsége és az emberi egészség érdekében is arra kellene törekedni, hogy a talajokban növekedjen a gombaszám és javuljon a gomba baktérium arány is. De milyen lehetőségeink vannak erre? Az első kezdetleges mikroszkópokban gombáknak hitték azokat a baktériumokat, amelyek sejtjei összekapcsolódtak és hosszú gombafonal-szerű, sugaras irányba növekvő alakzatot vettek fel (1. fotó). Ezek a „sugárgombák” ma már tudjuk, hogy az egészséges talaj alapvető élőlényei, de az emberi egészséget is az általuk kibocsátott, antagonista hatású biocid anyagoknak, az antibiotikumoknak köszönhetjük.

■ A talajok **betegség-elnyomó** képességét a **sugárgombák számával és antagonista képességével lehet jellemezni. A biokontroll tulajdonsággal peszticidek felhasználása csökkenthető, érdemes ezt a tulajdonságot is vizsgálni, ismerni, jól ki- és felhasználni.**

A talaj-növény rendszerben a nitrogén és a foszfor makroelemekre van a leginkább szükség a növényi produkció, a termés érdekében. A gombák ezeknél a létfontosságú elemeknél is nélkülözhetetlenek. Kimutatást nyert, hogy a „kölsönösen hasznos együttélést” megvalósító szimbiota gombák nem csak a vízzel és a benne oldott tápelemekkel tudják ellátni a növényt, de a mikorrhiza gombák spórája még további segítő (úgynevezett helper) baktériumokat is visz magával.

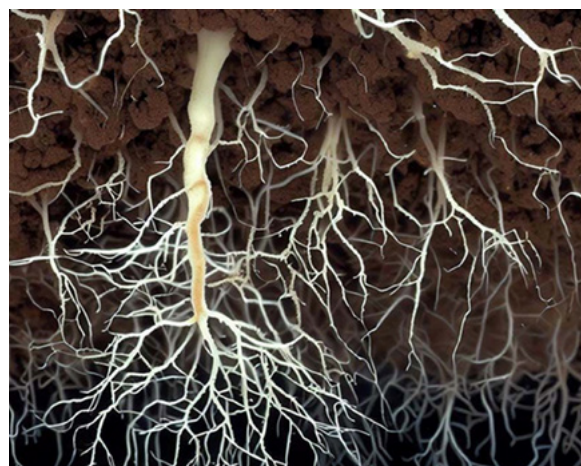
A mikorrhiza-gomba által „szállított” segítő baktériumok lehetnek hormon-termelők, növekedés-szabályozók, vagy az elemfelvételt javítók és ezzel a növényi produkció



A kezdeti mikroszkópokkal gombáknak hitt sugárgombák, azaz Aktinobaktériumok, amelyeknél az egyes baktérium-sejtek összekapaszkodása miatt „gombafonál-szerű” hálózatok jönnek létre a talajban. Ezek a távolabbi talajrészről is elérik a tápanyagokat és antibiotikus anyagok kiválasztásával növényvédelmet és a talajegészséget is biztosítják.

és a mikrobiális táplálás egy lépésben meg tud valósulni. A mikorrhiza gombák szerepe különösen a foszfor-felvétel előmozdításában nélkülözhetetlen, hiszen ahogy Isaac Asimov megemlíti, „amíg az atomenergiát helyettesíthetjük fával-szénnel, addig a foszfor esetében nincs helyettesítő, sem pótló anyag”. Nem véletlen, hogy a több, mint ötszázezer éves szimbiózis tette lehetővé a növények szárazföldi megtelepedését és életét.

Az alábbi fotón látható, hogy a növényi hajszálgöke-rekből még vékonyabb gomba-hifák erednek, ezzel sűrűbb lesz a növényi gyökérrendszer, ami biztosítja a jobb növénytáplálást és a talajok átjárhatósága, laza szerkezete is segíti a növény-növekedést. Elmondható,



Dúsabb gyökérrendszer és jobb növényi tápanyagellátás a szimbióta mikorrhiza gombák hatására. Közvetve a talaj szerkezete, morzsalékonyossága is javul (forrás: kertlap.hu)

hogy a növényi víz- és tápanyag-felvétel is a vékony gombahifák segítségével valósul meg, a növényi stressztűrő-képesség is erőssé válik.

A talaj-növény rendszerek jótékony hatású gombáit, legfontosabb szervezeteit és tevékenységüket a következő oldalon található 4. táblázat foglalja össze. A növénypatogén gombák számát a biokontroll hatású szervezetek hidrolizáló aktivitású, sejtfalbontó enzimek (kitináz, glukonáz) termelése által képesek szabályozni. Ezek mellett leírtak olyan törzseket is, amelyek például a Fusarium gombák okozta tüneteket is csökkenteni tudják, azáltal, hogy a gomba toxinokat lebontják, ártalmatlanítják a növény-talaj rendszerben. Más talajorganizmusok indukálni képesek a növényi rezisztenciát a patogének ellen, így biztosítva a növények nagyobb ellenálló képességét (4. táblázat).

Gombák típusa	Tulajdonságuk	Tevékenységük	Főbb képviselőik
Jótékony hatású szervezetek			
Szimbioták, endo- és ekto-szimbiózis	Kölcsönösen előnyös együttműködés a növény és a gomba között, a gyökér-belsőben élnek	Tápelem- és víz-felvétel, növényi-egészség, segítő baktériumok szinergizmusa	Arbuskuláris(endo)mikorrhiza gomba (AMF) a lágyszárú növények 80%-ánál, ekto-mikorrhiza a fás szárú növényeken, fenyőféléknél
Szaprofiták, korhadék- evők cellulózlebontók	Az elhalt növényi/állati maradványok bontása	Tápelem- és a vízkörforgalom biztosítása	Fehérkorhadást okozó fonalas gombák és a „sugárgomba”, Aktinobaktériumok is
Fermentálók, anaerob lebontók	Növényi anyagok levegőtlen bontása, erjesztőképesség	Talaj-fertőtlenítő- hatás és esetleg növényi toxinok is	Élelmiszerekhez használható élesztőgombák és anaerob baktériumok
Károsítók, patogének és antagonisták			
Patofiták, paraziták	Gomba gombának farkasa szerinti működés	A talajeredetű kórokozó gombákat szívogatják	<i>Trichoderma</i> nemzetség fajai, törzsei, <i>Arthrobotrytis</i> , <i>Beauveria</i> , <i>Coniothyrium sp.</i>

4. táblázat: Mikroszkopikus méretű talajeredetű gombák típusai és szerepük a növény-növekedés és/vagy a növényvédelem érdekében

A hiányzó talajgombák közül a legnagyobb gyakorlat szerint leginkább a szimbiota mikorrhizával történő oltások az ígéretesek. Mivel azonban a mikorrhiza gomba csak élő növényvel együtt szaporítható fel (obligát szimbiota), ezért az alkalmazásnál a növény és a mikroba közötti kompatibilitásra kiemelten figyelni kell. A mikorrhiza gombák felhasználásánál igen hatékonyak azok, amelyek hozzászoktak, adaptálódtak az adott környezeti (stressz) körülményekhez, mindemellett jól és gyorsan kolonizálják a gazdanövényt és a foszfor-mobilizáló képességük is kiemelkedő. Az alkalmazás sikeréhez a háttér-laboratóriumok vizsgálatai járulhatnak hozzá. A növény-táplálás mellett kiemelkedő jelentőségű még bizonyos gombák biokontroll képessége is, amivel a növényvédelemhez lehet hozzájárulni és a peszticid-felhasználást csökkenteni. A mezőgazdasági gyakorlatban ilyen mikrobiális talajoltás valósulhat meg a leggyakrabban felhasznált *Trichoderma* gombákkal is, illetve előzetesen laboratóriumi körülmények között antagonista képességgel rendelkező és engedélyezett törzseikkel.

Nem mindegy tehát, hogy melyik oltóanyag kerül felhasználásra egy adott talajállapot vagy elvárt növényi tulajdonság során.

A talaj-kezelések eredményességét szakszerű vizsgálatok és háttérlaboratóriumok tudják segíteni.

A fizikai-kémiai talaj-vizsgálati eredmények mellett a szaktanácsadáshoz fontos lenne az a „Biodetektív” oknyomozás is, amivel a talaj biológiai erejének a kapacitását maximálisan lehetne támogatni. Ebben a folyamatban a talajgombákkal is számolni kell.

Prof. Dr. Biró Borbála,
MTA doktora, talajbiológus, ökológus
elnök, Magyar Talajtani Társaság Talajbiológiai Szakosztály
biro.borbala@gmail.com

