



## Törpék a föld alatt

A mikrobiális talajoltás kiemelt szempontjai, határai, hatásai

*A talajok vitalizálását a „termésnövelők” kategóriájába tartozó mikrobiális oltóanyagok újabb és újabb generációinak az intenzív felhasználásával igyekszünk elérni. Nagytömegű alkalmazásuk az 1900-as években a műtrágyák intenzív felfejlődése miatt hagyott alább, most viszont éppen ezek kiváltási céljából nő az élő, környezetbarát „zöld” megoldások sora.*

A reklámok, a cégek aktív meggyőzése és az AKG-támogatás következtében egyre többen gondolják azt, hogy élő mikroorganizmusokat tartalmazó „készítményekkel” kell megoldani a talaj összes, vagy bizonyos funkcióinak az ellátását. Ennek oka, hogy az intenzív mezőgazdasági körülmények hatására kiszorított talajok mára már nem termő talajok, vagy sok esetben nem úgy, ahogy azt elvárnánk. A növények megtámasztására szolgáló közegek a természetes biológiai úton nem tudják betölteni a talaj legfontosabb növénynevelő funkcióját és az önálló, folyamatos tápanyag-szolgáltató képességüket. Olyan ez, mint az ember és a robotember közötti különbség. Amíg az élő ember önállóan, az adott helyzetekhez igazodva tevékenykedik, addig a robotemberhez állandó külső figyelem, tudás és pontos irányítás szükségeltetik. Vajon ha idáig jutottunk a talajainkkal, megvan-e az a szükséges háttér és akaraterő, hogy a tudásalapú társadalomnak megfelelően ezekben ismét a „jó mezőgazdasági gyakorlat” elvárásai szerint gazdálkodjunk? Tudunk-e ismét gondoskodni az „edafon”-nak nevezett talajélőlények (növények és állatok, a flóra és fauna) élet- és működési feltételeiről?

### **A termőtalajok működőképessége és a mikroszkópikus „törpék” vagy „gnómok”?**

A termőképesség a talajok egyik legfontosabb funkciója és alapvető kritérium. E nélkül a képesség nélkül

nem is beszélhetünk talajról, főleg nem „termőtalajról”, csak élettelen ásványi közegekről. Egy termőtalajban az önállóan is működőképes termőképesség évszázadok alatt hosszú és lassú folyamatok során alakul ki. Biztosítják ezt kezdetben, a szerves anyagok nélkül is életképes, fotoszintetizáló egyszetű élőlények, a zöld- és kéalgák (bár ez utóbbiak nem algák, hanem Ciano baktériumok). Szén-dioxidból és a vízben oldott szervesetlen ásványokból az éltető napfény segítségével önállóan (autotróf módon) hozzák létre saját testük szerves anyagait. Ezen elpusztult elsődleges élőlények testanyagait adják a szerves táplálékot a következő csoportnak, melyek nem önállóak, és más élőlény által előállított tápanyagokra utalt (heterotróf) szervezetek. Legismertebb képviselőik a mikrobiális oltóanyagokban is előforduló baktériumok és a gombák. Az évezredek során ezek a mikroszkópikus méretű, szabad szemmel nem látható mikroorganizmusok, mint kis „törpék” az életünk számos olyan helyét benépesítették, ahol bontható szerves (táplálék) anyagok előfordulnak. A bontást a legtöbb baktérium és gomba a levegő oxigénjével (aerob módon) tudja elérni, de vannak olyan (kemo-organotróf) szervezetek is, amelyek az oxigént vegyületekből (pl. a nitrifikáló baktériumok a nitráttól) is megszerzik. Ezek is okozói például számos egyéb környezeti körülmény (pl. talajtömörödés vagy kimosódás) mellett, hogy a nagy energiával előállított nitrogén-tartalmú

műtrágyáknak a talajokban átlagosan és mindössze csak 10-20%-a hasznosul. A példából is látható, hogy nem mindegyik mikroorganizmus „gondolkodik” az ember fejével és végez „földalatti törpeként” áldásos tevékenységet. Számos esetben az emberi gondolkodás szerint inkább „gnómoknak” tekinthetők, de tudni kell, hogy ezeket sokszor mi magunk hívjuk elő a rossz talaj-használattal.

Bizonyos vegyi anyagoktól, így a nagy tömegben alkalmazott gyomirtó szerektől pl. elvárható, hogy a talajban sokáig, azaz legalább egy vegetációs időre (2-3 hónapig is) megmaradjanak, ne bonthassák le azokat a mikroszervezetek. Ennek érdekében a gyomirtó szereket (herbicideket) további vegyi anyagokkal (baktériumgátló antidótumokkal, extenderekkel) is ellátják, hogy a célzott gyomok irtását hosszabb ideig biztosítani lehessen. Az így életképtelené tett talajokhoz kell aztán újra élő szervezeteket, a „baktériumtrágyákat” adni újabb költségek árán!

Ismét más esetekben a mikroorganizmusoknak kedvező tulajdonsága, hogy rugalmas anyagcseréjük miatt le tudják bontani vagy ártalmatlanná tenni (részben vagy egészen szén- és nitrogén-forrásként hasznosítani) az emberre veszélyes vegyi anyagok sorát, így a legkülönbözőbb növényvédő szereket, peszticideket is. Annak ellenére képesek erre, hogy az agrokemikáliák is az úgynevezett „életidegen” vegyi anyagok, a xenobiotikumok sorába tartoznak. A káposztafélék gyomirtására használt aziprotrin herbicidet a következő évben vetésforgóban alkalmazott *Rhizobium* baktérium-oltás például le tudta bontani a tarka koronafürt pillangós növényvel.

### **De mikor is lehet eredményes, illetve hasznos a talaj-növény oltás?**

Előre kell bocsátani és nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy a talajok „feltételelesen” megújuló természeti kincsek. A megfelelő feltételeket biztosítani szükséges, és igen fontos szempont napjainkban egyféle paradigmaváltás szerint is a talajélet (talajbióta vagy edafon) megtartása és védelme is. A sikeres talajoltás megvalósításának legfontosabb szempontja a mikroorganizmusok és a növények igényeinek a megfelelő kiszolgálása (tápanyagok, víz, oxigén és működési körülmény):

**Ha a talajban van bontható szerves anyag, aminek ásványosítása közben a mikroba és ezt követően így a növény is tápanyaghoz jut.** A talaj szerves anyaga, a humusz olyan mikrokozmosz, ami

életet ad a talajnak (mint vér az emberi testnek). Amerikai oltóanyag és egy hazai eredetű is csak a talaj 2%-os humusztartalmánál tudta növelni a tápanyagigényes kukorica termését. Bontható szerves anyagok és bontóképes „földalatti törpék”, mikroorganizmusok hiányában a baktériumokkal elért 10%-os terméstöbbletet csak 70-80 kg nitrogén műtrágya tudta ellensúlyozni. Nem lehet ezért eléggé hangsúlyozni, hogy a tápanyag- és humuszhiányos, szerkezetében is degradált talajoknál a mikrobiális oltások sem lesznek csodaszerek.

**Ha a mikroorganizmus nem pusztul el az alkalmazás során, azaz a megfelelő környezeti körülmény biztosítva van.** A mikroorganizmusok legnagyobb ellensége a kiszáradás, mivel kicsi testtömegükhöz viszonylag nagy testfelület tartozik. Az élő organizmusokat legjobb ezért minél előbb felhasználni úgy, hogy a talajokba kerüljenek. Ebben segít a folyadékkal történő permetezéssel alkalmazás. A víz szükséges a magvak csírázásához, és mint oldószer tápelemeket is visz a gyenge, fejlődő csíranövényeknek. A mikrobák mindeközben akkor lesznek élők, ha a saját oldatban biztosított tápanyagukat sem élték még fel a talajoltást megelőzően.

**Ha a talaj megfelelő szerkezetű és levegőzött, azaz a humuszanyagok is és a laza, oxigén-tartalmú körülmény is együttesen biztosítva van.** Gondoljunk csak el, hogy az oxigénre minden aerob szervezetnek (így az embernek is) milyen nagy szüksége van! Oxigén nélkül levegőtlen (anaerob) rothadási, biogáz-képző folyamatok indulnak el, és a növény-növekedésre toxikus anyagok is felszabadulnak. Ilyen körülmények kialakulását a talajállapot javításával, ásványi „bioeffektor” anyagokkal lehet elkerülni. Ezek pl. lehetnek olyan agyagásványok, amelyek javítják a kolloid-szegény talajok fizikai tulajdonságait, vagy éppen ellenkezőleg lazító, szerves anyagok, komposztok a kötött, levegőtlen talajokhoz. A vízzel telítődött (szaturált) talajokon a lassú bomlásuk során oxigént felszabadító Ca-ásványok, vagy a porózus, nagy felületükön az oxigént és/vagy a keletkező toxinokat is lekötő (adszorbeálni) képes bioszén lehet hatásos (1. ábra). Hogy melyik, azt vizsgálatok, előzetes talajmonitoring döntheti el.

**Ha a talajban a talajlélények egymásra épült rendszere, azaz a teljes táplálékháló (soil-food-web), vagy annak minél több eleme, szerveződési szintje megtalálható.** Minél apróbb egy organizmus, annál több van belőle. ▶



Bioszén, a „Janus arcú” anyag. Kedvező hatású lehet a levegőtlen, vízhatás miatt terhelt talajokban, ahol a porózus szerkezete biztosítja a mikroorganizmusoknak a levegőzöttséget (oxigént), a védelmet és mindeközben leköti a termelő káros, toxikus anyagokat is. Tápanyagszegény, víztelen talajokban a növényi felvehető tápanyagok elvonása miatt a kedvező hatás elmaradhat, és akár negatív is lehet. A Piac-13 BIOCHAR projekt eredménye. (Fotó: internet)

Ha a talajban a legnagyobb számú baktériumokat és mikrogombákat pótolni kell, akkor kérdés, hogy milyen mértékben hiányoznak ebből a talajból a legalább annyira létfontosságú állati szervezetek, a talajfauna? A táplálékháló olyan egymásra épülés, ami nélkül szintén nem lehet sem folyamatos növénytáplálás, sem megfelelő talajszerkezetesség. A földigiliszták pl. előaprítják azt a szerves anyagot, amit aztán a baktériumok könnyebben tudnak ásványosítani. A baktériumokkal táplálkozó fonálférgék feltárják azok testtömegét, így az felvehetővé válik a növények számára. A talajlélőlények, az edafon biztosítja a megfelelő talajszerkezetet is, hiszen a baktériumok nyálkaanyagai, a fonalas gombák fonalai, vagy a férgek Ca-szemcséi is szükségesek a mikro-aggregátumok létrejöttéhez is. Az ilyen talaj nem porosodik el, szerkezete stabil, levegőzött és víznek is jól átjárható, ami aztán pozitív visszacsatolással újra csak támogatja a mikrobiális aktivitást. Az ilyen talajba már külső oltóanyag-bevitelre nem is lenne, általában nincs is szükség.

Számos példát hozhatnánk még arra, hogy hogyan lehet növelni a talajéletet, vagy fokozni a baktériumtrágyák és az egyéb talajvitalizáló termékek eredményességét. Az Európai Unió jelenleg ennek vizsgálatára, a környezetbarát és az organikus növény-táplálás érdekében 22 partner részvételével EU-FP 7-es támogatású projektet finanszíroz (www.bioeffector.info), amiben közreműködünk a SZIE Talajtan és Vízgazdálkodás, valamint az Ökológiai

Tanszékén. A bioeffektor termékek élő, jótékony hatású mikroszervezeteket tartalmaznak, és alkalmazásuknál a talaj működőképességét biztosító tényezőkre is figyelemmel vagyunk a megfelelő eredményesség eléréséhez. A projekt keretében feltárjuk továbbá az egyes mikroba-típusok, így például a nitrogén-kötő, a foszfor-mobilizáló, a növekedési hormon- vagy vaskelet (sziderofor) termelő baktériumok, biokontroll tulajdonságú gombák életigényét és várható tevékenységét is az eredményességük fokozása érdekében.

### Miért nem lesznek mégis sikeresek a „termésnövelőkkel” végzett mikrobiális oltások?

A „termésnövelő” kategória, mint ahogy a „baktériumtrágya” fogalom is azt sugallja, hogy ezekkel nem foghatunk mellé, hiszen olyan „trágyái”, azaz eredeti jelentésük szerint „fűszerei” a földnek, amelyek szükségesek a jobb, egészségesebb növény-fejlődéshez. Hogy szükség van rájuk, azt a növényi gyökérrendszer (rhizoszféra) kutatási eredményei is bizonyítják, melyek szerint a gyökérrégióban 10-szer, 100-szor több mikroorganizmus is jelen van. A növény törekszik erre a kapcsolatra, hiszen a mikrobiális aktivitással (lebontó, ásványosító tevékenységgel) fog csak felvehető tápanyagokhoz jutni. A saját maga által előállított szerves anyagainak akár a 20%-át is képes ezért odaadni, mintegy feláldozni a „jótékony hatású” mikroorganizmusok táplálásáért. Mik lehetnek akkor mégis azok a tényezők, amelyek az elvártakkal ellentétben akár csökkenthetik is a növény-növekedést?

**Ha a kiegészítő baktériumtrágya-bevitellel a növény erejét meghaladó mikrobás tápanyagigény áll elő.** Ez gyakran előfordul akkor, amikor a csíranövény kezdeti fejlődése nem indulhat meg a rossz talaj-környezeti körülmény miatt. Ekkor a növényért mikrobás „támadás” inkább gyengítő hatású. Ez előfordulhat kora tavasszal a hideg, a felvehető tápelemek hiánya, a fényszegény körülmények miatt kialakuló növényi „éhezés”, vagy a felszaporítás során jól ellátott mikrobák túlzott „étvágya”, agresszivitása miatt is. Nem véletlen ezért, hogy még a biológiai nitrogénkötésre képes *Rhizobium* baktériumokat is segíteni tudta a kezdetben (starterként) adott kicsi (45 kg/ha) nitrogén-mútrágya bevitel egy gyenge homok-talajon. Miután megnőtt a tarka koronafürt (*Coronilla varia*) csíranövényke a N<sub>2</sub>-kötő baktériumok már külső mútrágya nélkül is ellátták a növényt.

**Ha a környezeti élő vagy élettelen (biotikus és abiotikus) körülmények nem megfelelőek, vagy időközben megváltoznak.** Megfigyeltük, hogy a bevitt, hasznosnak gondolt mikroorganizmusok tevékenységét a növények a vegetációs időszak során is szabályozzák. Gyökerükön csalianyagokat (exudátumot) bocsátanak ki akkor, ha a mikrobiális tápanyag-feltárási tevékenységre szükségük van. Az emberi mesterséges extra oltással ezért még a növény-fejlődést gyengítő élethelyzet is létrejöhet. Bizonyos növények képesek leépíteni is a teherré váló mikrobás kapcsolatot. A szimbióta (arbuszkuláris) mikorrhiza gombáknál ez 8 nap alatt bekövetkezhet, és a nitrogén-kötő gümők is feloldódnak a szimbiózis szükségtelessé válása után.

**Ha a mikroorganizmus nem az adott „feladathoz” vagy az adott körülményhez illeszkedik, és nem is tud ahhoz igazodni.** Korábban csak egyféle mikrobát tartalmazó (monovalens) oltásokat alkalmaztak, amelyek pl. csak *Rhizobium*- vagy *Azospirillum*-baktériumokat tartalmaztak. Ezekkel mindig tudni lehetett, hogy hova és mire valók. Napjainkban akár 80-féle (effektívnek nevezett) mikroorganizmus-törzset tartalmazó (polivalens) oltóanyagok is előfordulnak, mondván, hogy minden élő mikroba benne van, amire a talajban szükség lehet. De melyek, és mire képesek? Ezt a minőséget a jogszabályok az engedélyek megadásánál nem is ellenőrzik, csak a csíraszámot, azaz a mennyiséget írják elő. De fajok szerint nem is egyszerű azokat beazonosítani és összetételük változhat is az alkalmazás során. Egy biológiai nitrogén-kötésre képes baktérium pl. „elfelejtheti” ezt a képességét a túlzott mútrágya-bevitel-

lel. A környezethez nem adaptált mikro-szervezetek is hamar pusztulásnak indulnak.

**Ha a talaj és az oltóanyagok mikroorganizmusait az intenzív növénytermesztésnél használt mútrágyák és agro-kemikáliák pusztítják.** Ismert, hogy a növényvédő-szerek gátolhatják nem csak a célzott, károsnak gondolt szervezeteket, de a hasznos (nem célzott) mikrobákat is. A gombaölő szerekkel (fungicidekkel) például csökken nemcsak a talajeredetű patogén *Fusarium*-kórokozók, de a védeni kívánt *Rhizobium*-baktériumok száma is a talajban. Pedig, hogy ha nem ezeket irtjuk, hanem a jótékonyakat növeljük, akkor nem is kellene durva, ölő, azaz biocid anyagokat bevetni. Ellenkező esetben egy-egy peszticidhez ki kellene nevelni az azzal szemben ellenálló (toleráns) hasznos mikroorganizmust is. Hasonló technikát használunk a kifejezetten degradált, pl.: a szikes vagy a szennyezett talajok „gyógyítása”, remediációja során is.

A mai mesterséges ökoszisztémákban, amelyenek az intenzív művelésbe vont talajaink is, az élőanyag mennyisége (a növényi és a mikrobiális vagy a teljes edafon biomassza) és annak minősége, azaz összetétele és fajgazdagsága (a biodiverzitás) nagyságrendekkel elmarad a korábbi természetes ökoszisztémáktól. Az intenzív agrárterületek világméretű terjedése olyan instabilitást hozott létre, amelyet már nem lehet figyelmen kívül hagyni. A fajszám-csökkenés, néhány kultúrfaj monokultúrás termesztése és egyeduralgódóvá válása a földművelést és az egész világgazdaságot is a talajállapot romlásán keresztül teszi sebezhetővé. Elmondhatjuk, hogy az agro-biodiverzitás megőrzése, növelése napjainkban már elengedhetetlen szükségszerűség is az emberi jólét és biztonság megtartásához.

A terméshozó mikrobiális bioeffektor termékek hatékony felhasználására, és a megfelelő működésüket biztosító talaj-környezeti állapotra, művelési módokra van szükség. Alkalmazásuk eredményességét külső és független vizsgáló, tanácsadó szolgálatként segíthetjük. A talajminőség értékelésénél hangsúlyozni kell a komplex megközelítés fontosságát, azaz a talajok fizikai és kémiai tulajdonságai mellett az általunk végzett talajbiológiai állapotfelmérések, a biodekretálás egyidejű szükségességét is.

Prof. Dr. Biró Borbála  
talajbiológus, az MTA doktora  
Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar,  
Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék  
biro.borbala@gmail.com