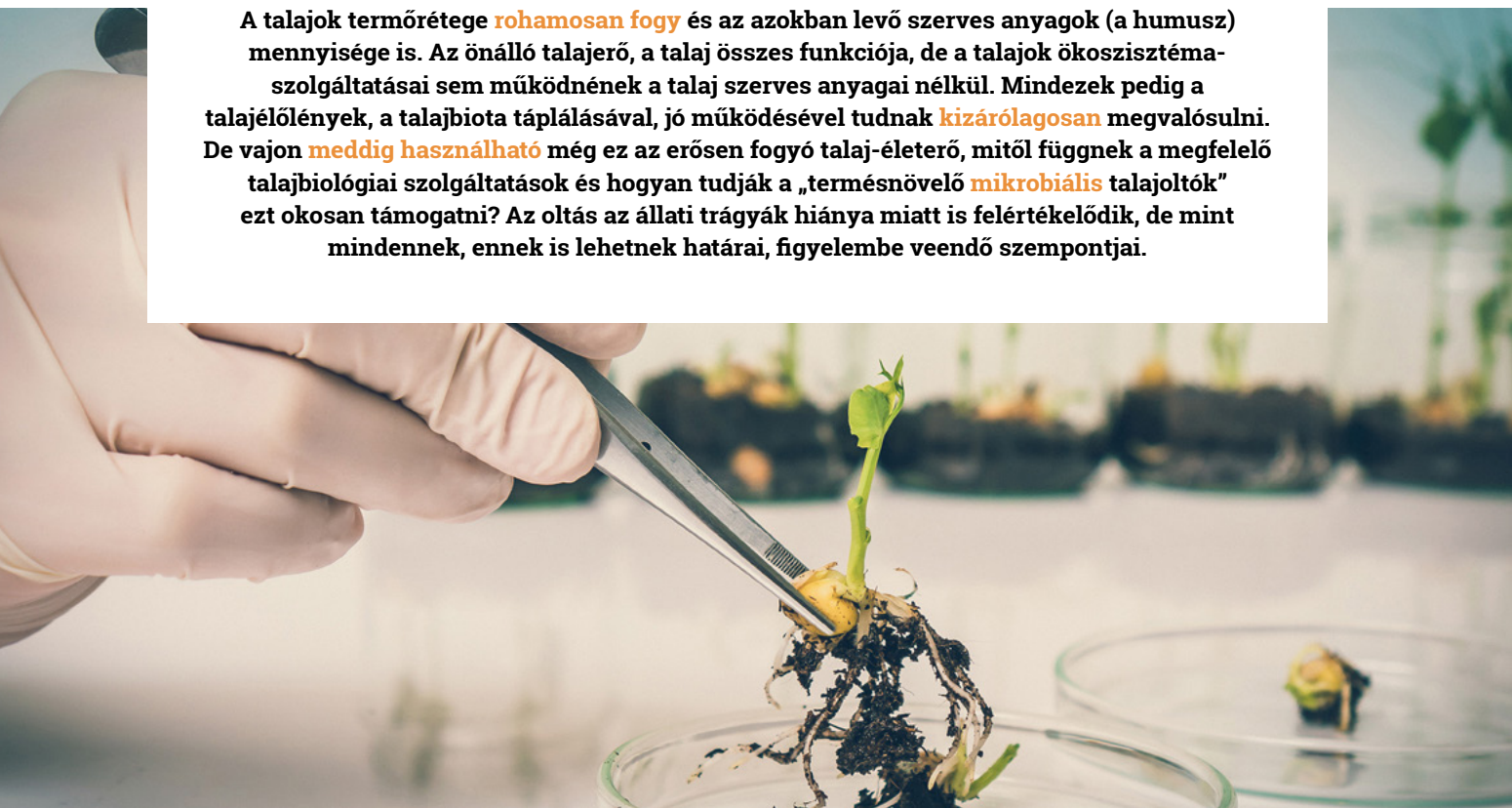


A szerves anyagok és a szimbionta kapcsolatok jelentőségének hangsúlyozása a mikrobiális talajoltásoknál

A talajok termőrétege **rohamosan fogy** és az azokban levő szerves anyagok (a humusz) mennyisége is. Az önálló talajerő, a talaj összes funkciója, de a talajok ökoszisztéma-szolgáltatásai sem működnének a talaj szerves anyagai nélkül. Mindezek pedig a talajélőlények, a talajbiota táplálásával, jó működésével tudnak **kizárólagosan** megvalósulni. De vajon **meddig használható** még ez az erősen fogyó talaj-életerő, mitől függnek a megfelelő talajbiológiai szolgáltatások és hogyan tudják a „termésnövelő **mikrobiális** talajoltók” ezt okosan támogatni? Az oltás az állati trágyák hiánya miatt is felértékelődik, de mint mindennek, ennek is lehetnek határai, figyelembe veendő szempontjai.



A talajminőség és a mikrobiális oltás

A minőségi talaj egyúttal termékenyebb is? Ez a vélemény általában jól alátámasztott. A műtrágyák egyre intenzívebb alkalmazásával azonban ezt is újra kell értékelni. Manapság tudjuk, hogy akár az erősen leromlott talajokban is tudunk termelni ezekkel az ipari élettelen művi, vegyi anyagokkal. Ekkor persze tudnunk kell, hogy a talajt, csak mint támasztóközeget használjuk és a növények táplálása az ember által kívülről, irányítottan valósul meg. Az utóbbi években a költségek drasztikus növekedésével már el kell gondolkodni azon, hogy a műtrágyák mellőzésével, vagy nagyirányú csökkentésével is képes legyen a termelésre az adott talaj.

A legelső baktérium-készítmények, amelyeket használtak, a biológiai úton a levegő szabad nitrogénjét hasznosítani, megkötni képes baktériumok voltak.

A nitrogén ma is az egyik legfontosabb tápelem, amire figyelni kell. Számos mikroorganizmus képes erre. A pillangós növények növekedését a Rhizobium és Bradyrhizobium genusz fajai tudják kizárólagosan segíteni. Szinte mindegyik növény-típusnak megvan az önálló, saját mikrobiális segítője, ami azóta is a kutatások tárgyát képezi. Az 1900-as évek végén (Döbereiner, 1967) az úgynevezett asszociatív szimbiózis jelentőségét fedezte fel. Az egyszikű cukornád a brazil cerrado talajokon műtrágya nélkül is termesztendő volt

az *Azospirillum* baktérium szimbiózissal. Az asszociatív szimbioták nem csak a gyökerek felületén, hanem a növények belső tereiben is megélik kisebb oxigén igényük miatt, ami nem több, mint 5%, szemben a levegő átlagos 21%-ával. Az ilyen endofita életmód jobb működőképességet biztosít és rögtön a növényt látja el (30-60 kg/ha Nitrogénnel). Ezzel szemben az úgynevezett „szabadon-élő” *Azotobacter* fajok csak talajban élnek, de ezek is tudnak szolgáltatni átlagosan 5-10 kg/ha Nitrogént.

A gazda-specifikus rhizobiumokat mindegyik pillangós növényhez meg kell találni, de ekkor az eredményesség biztosabb. Legnagyobb oltáthatást a szója adta, mivel a talajainkból a *Bradyrhizobium japonicum* szimbiota teljes mértékben hiányzott. Az első hazai talajoltók (az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézetében) öt pillangós növényre készültek (lucerna, lóhere, szója, bab és borsó), több tízezer hektárra. Mindegyik gazdanövényvel egyértelmű és igen látványos oltáthatásokat lehetett regisztrálni az oltásokat követően. A termés növekedéséhez sok esetben csak kevés starter nitrogén-trágyára (pl. 45 kg/ha-ra a tarka korona fürtnél) vagy kevés mezo- és mikroelem-kiegészítésre volt szükség ahhoz, hogy növelni lehessen a nitrogén-kötés mértékét talajtól függően.

A talajok tulajdonságai alapvetően meghatározzák a mikrobiális oltások hatékonyságát, működését.

Nyolc különböző hazai talajt vizsgálva egyféle pillangós gazdanövény különbözőképpen, talajtól függően reagál, amit a gyökérgümők száma (nagysága és elhelyezkedése is) mutat.

A szimbiotákkal végzett kísérletek igazolták, hogy a növények oltás-igénye és az oltás sikeressége is növény-faj/fajta és a talajtulajdonságok (porozitás, pH, kötöttség, tápelemek felvehetősége, stb.) az eredője. A szimbiota oltó-készítményeknél kapott eredményeket érdemes lenne ezért további növényekre, talajokra és mikrobacsoportokra is tovább tanulmányozni.

A nitrogén-kötőkkel történő talajoltások bizonyították a talaj-állapot és a növényi igény összehangolásának a szükségességét. Az oltás kizárólagos szükségessége igazolódott, ha hiányzott a talajból a növénytápláláshoz szükséges mikroorganizmus. A növénytől függően a talajokat az oltások előtt, a jobb eredményességhez fel lehet javítani (pl. kiegészítő mezo- és mikroelemekkel), vagy a növény kezdeti növekedését segítő starter nitrogén, foszfor műtrágyával. Ezek kezdeti energiát jelentenek a gazda-mikroba kapcsolat kialakításához és fokozzák az oltáthatást.

A talaj-degradáció és a talajállapot mikrobiális hatása

A talajok minősége az egyik kulcsfontosságú eleme az eredményes oltásoknak. Irodalmi tanulmányok szerint a gyengébb talajban az oltásokra nagyobb szükség lehet, hiszen a növény nem, vagy kevésbé jut hozzá a szükséges tápanyagokhoz. A mikrobiális talajoltók pedig képesek enzimeikkel elbontani, feltárni az elhalt szerves anyagokat, így biztosítva a folyamatos növényi tápanyag-ellátást. Ez lenne a „termésnövelőként” regisztrált mikrobiális oltások legfontosabb szerepe és tulajdonsága. Egyúttal ezek képesek biztosítani azt is, hogy a túltrágyázást csökkenteni lehessen, és a növény a biológiai törvényszerűségekkel „szerezze” meg a szükséges tápanyagokat, egyfajta okszerűséget követve.



A talajok leromlásának, degradációjának a legfőbb oka a talaj anyagforgalmi folyamatainak a számunkra kedvezőtlen irányban történő megváltozása: a talajtermékenység csökkenése, az ökológiai feltételek „rosszabodása”, kedvezőtlen növény-termesztési feltételek kialakulása (pl. az agrotechnikai műveletek gépesített és egyre gyakoribbá váló elvégzése miatt) és ide értendők még a kedvezőtlen változások is a természeti környezetben. A degradáció előfordulhat természeti és az emberi tevékenység miatt is. A talajdegradáció azonban nem szükségszerű következménye a mezőgazdasági tevékenységnek, így az megelőzhető, mérsékelhető és/vagy helyreállítható, amely folyamatokban a talaj-organizmusokra különösen figyelni kell.

Mind a természeti, mind pedig az emberi okok miatt bekövetkező talajromlásnak vannak, lehetnek határai. A folyamatok kezdetén a talaj puffer-képessége okán még képes kijavítani, tolerálni a negatív hatásokat. Ez a tolerancia, azaz a regeneráló-képesség (az úgynevezett reziliencia), ami meghatározza a talajok környezeti érzékenységét is. Az a talaj ellenállóbb (rezisztensebb) a nem kedvező behatásokra, melynek nagyobb a szervesanyag-tartalma és amelyekben ennek következtében is többféle és nagy számú mikrobiota található.

A mikroorganizmusok olyan rugalmas anyagcserével rendelkeznek, hogy viszonylag könnyen tudják tolerálni a környezeti negatív körülményeket, illetve képesek gyorsan reagálni. Ilyen tényező lehet például a talajok elsavasodása (pH = 6 alá csökkenése). Megvizsgáltuk 15 különböző talajból izolált baktérium pH-érzékenységét laboratóriumi körülmények között. Ez azt mutatta, hogy minél savasabb a tápközeg, annál nagyobb a baktérium-törzsek közötti válaszok különbsége, a beoltott mikroba-törzsek érzékenysége. Látható volt az is, hogy a 15 baktérium törzs közül mégis akadt 3 olyan, ami a semleges pH-hoz közeli (80 %-os) szaporodást képes produkálni még a legsavasabb közegben is, képes azt kivédeni, tolerálni. Általában ezeket a túlélőképes törzseket lehet kiválasztani (szelektálni) és jól felhasználni a gyakorlatban, valós talaj-növény rendszerekben. Minél optimálisabb a közeg az adott mikrobának, például a semlegeshez közelítő pH-n, akkor majdnem mindegyik vizsgált törzs azonos módon

képes szaporodni. A környezeti stressz olyan szelekciós tényező, ami „megtizedeli” vagy akár „meghuszadolja” a kített baktériumokat. Korábbi tanulmányok is bizonyították, hogy a savanyú pH a nitrogén-kötő baktériumokra nem kedvező, általában a pH=5,5-nél már pusztulás következik be és a pH=4 a szabadon-élő Azotobacter fajok működési határát is jelenti.

A talajdegradációs folyamatok megállítása alapvető fontosságú, mert az alkalmazott mikrobiológiai talajoltások csak megfelelő talajszerkezet, tápanyag-tartalom és talaj-kémiai tulajdonságok mellett tudnak hozzájárulni a növénynövekedéshez. A talaj-növény rendszer korlátozó tényezőire, ezért fokozottan figyelni kell.

A szerves anyagok szerepe és a mikroorganizmusok tevékenysége

A szerves-anyagok fogyása a talajok mikrobiális tevékenységének a hanyatlását eredményezi, azal összefügg. A mikrobák aktivitásához bontható szerves anyagokra van szükség. Ezek nélkül a növényi tápanyag-feltárás is akadózott, még akkor is, ha a mikroorganizmusokat külsőleg adjuk hozzá a talajhoz. A szerves anyagokban gyenge talajokban a külsőleg bevitt baktériumok és gombák, intenzív szaporodásuk közben a gazdanövény elől is elfogyaszthatják a felvehető Nitrogént, ami anaerob, levegőtlen körülményt és toxikus anyagok keletkezését alakíthatja ki. A szerves anyagoknak a kedvező talajszerkezet eléréséig jutó feltáródásához levegőzött, aerob körülmények szükségesek.

Milyen módszerek segítik megőrizni, növelni a talajok szerves anyag-tartalmát?

- Fenntartható, konzervációs talajművelés, takarónövények alkalmazása (folyamatos növényi talajfedés), növénymaradványok visszaforgatása, nagy növényi biomasszát produkáló növények, optimális talajnedvesség (a vízkapacitás 60 %-a körül), a talaj felszín mulcsozása (legalább 30 % fedettségig), komposztok és/vagy állati trágyák alkalmazása, nagy növényi gyökér:hajtás arány, évelő növények, folyamatos növényborítottság.

Ezekkel ellentétben a szerves-anyagok fogyását okozza az:

- az intenzív talajművelés, alacsony növény-borítottság, a teljes növény eltávolítása, extrém magas hőmérsékletek, túllegeltetés, szárazság, túlzott műtrágya-használat, a szerves anyagok égetése, alacsony gyökér:hajtás arányú növények.



Talajok humusz-mennyisége (H %)	A vizsgált kísérleti adatok száma (db)	Termésnövekedés változása talajoltással (%)	
		Legkevesebb	Legtöbb
0-0,5	159	5	21
0,5-1	260	3	16
1,0-1,5	87	-7	12
1,5-2,0	130	-9	9
2,0-3,0	29	-20	0
összes átlaga	665	3	10

1.táblázat: A talajok humusz-tartalmának (H %) a mennyisége és a mikrobiális oltások által előidézett termésnövekedés alsó (minimális) és felső (maximum) értékei. A táblázat nemzetközi meta-analízis alapján készült paradicsom-, kukorica- és búza-kísérletek elemzésével. (EU-Fp 7 Biofactor project alapján készítette Biró B.)

Azt gondolhatnánk, hogy a talajba került szerves anyag teljes mértékben a mikroorganizmusok tevékenysége által hasznosul. Tudni kell azonban azt is, hogy 1 cm humuszos termőföld képződéséhez is több száz, több ezer évnyi időre van szükség. Kísérletileg kimérték, hogy 100 kilogramm szerves anyag talajba keverése után egy év alatt a teljes mennyiség 60-80 %-a visszakerül a levegőbe, a talajlégzés által, széndioxid formájában. Mindössze a teljes szerves anyag töredéke, azaz 3-8 %-nyi épül be a talaj-élőlények, így a mikroorganizmusok testébe. Szintén mindössze csak 3-8 % labilis, könnyen mozgó és a növények által is könnyen felvehető szerves szén keletkezik.

Igazolódott, hogy 10%, maximum 20% bevitt szerves anyagból képződhetnek stabil humusz-molekulák, azaz alig több, mint 1/10-e, 1/20-a az eredetileg a talajba került mennyiségnek.

A humuszépítés a talajokban ezt figyelembe véve egy állandó és folyamatos szükségességként jelentkezik. Ami ma a levegőbe távozik, annak visszaépítéséhez a talajban többszörös időre van szükség. Napjainkra láthatjuk, hogy az intenzív talaj"művelés" hatására a talajaink szerves anyaga a 30-40 évvel ezelőtti állapothoz képest már csak fele mennyiségben van jelen. Ez a fél mennyiség még szolgálja a termelést, de nem leépíteni, hanem ettől kezdve folyamatosan pótolni, visszaépíteni szükséges. A talajok Nemzetközi Évében, 2015-ben Francia kezdeményezés ajánlotta, hogy legalább évi 4 ezreléssel növeljék az egyes országok a talajok humusz tartalmát a folyamatos csökkentés helyett (www.4per1000).

A humusztartalom jelentőségét mutatja az 1. táblázat nemzetközi, nagyszámú adatok felhasználásával készült meta-analízis eredményeként. A 16 ország



bevonásával kivitelezett projekt (www.biofactor.info) láthatóvá tette, hogy a leggyakoribb talajoltások eredményessége a leginkább akkor jelentkezik, ha arra a növénynek a rossz talajállapot, azaz a viszonylag kevés talaj-humusz-mennyiség miatt van szüksége. Ezt a folyamatot napjainkban a mikrobiális oltóanyagok segíthetik.

■ Az eddigi eredmények szerint a mikrobiális talajoltások szerepe, eredményessége egyre inkább figyelembe veendő eszköz a műtrágyák és a peszticidek mennyiségének csökkentési vagy kiváltási igényénél. Számos lehetőség van erre, és a talajoltások egyik fő célja is ez.

Napjainkban felértékelődik ebben a folyamatban a talajok szerves anyagának a megőrzési, illetve lehetőség szerint a növelési igénye is, amit figyelembe kell venni a talajok további termőképessége és számos egyéb szolgáltatása érdekében.

Biró Borbála,
az MTT Talajbiológiai Szakosztály elnöke,
az EU „Egészséges Talaj és Élelmiszer”
misszió hazai szakértője,
biro.borbala@gmail.com