



A talajélőlények rendszere és a talajok egészsége közötti összefüggések

A talajok egészségére egyre nagyobb figyelem fordítódik, hiszen az emberi egészséggel is összefüggésben van. Az emberi táplálékunk megközelítőleg **95%-a köthető** a talajhoz. A talaj legfontosabb funkciója a biomassza-, azaz főleg a takarmány- és az élelmiszer-termelő képesség, amit a „**termő-talaj**” kifejezésünk is tükröz. Azt gondolhatnánk, hogy a termékenyebb talaj egyúttal arányosan egészségesebb is, de ez nem mondható el minden esetben. A termékenységet napjainkban a kívülről bevitt „mű”trágyákkal is növelhetjük, de azok nem feltétlenül és nem minden esetben tudják jobbitani a talajok egészségi állapotát a termés növelésével párhuzamosan. A talajegészség növeléséhez a talajélőlények, az úgynevezett **talaj-táplálékháló szervezetek** számát és összetételét, valamint a működőképességüket is érdemes megismerni.

A talajélőlények száma és összetétele

A talaj egy önállóan működőképes, élő, biológiai rendszer, egyfajta összetett „szuperorganizmusnak” tekinthető. Számos élőlény-csoport alkotja, és mind-egyiknek megvan a szerepe, „feladata” egy adott talaj-növény-környezeti rendszerben, így alkotnak összetettségükben egységes „rend”szert. Az élőlény-csoportok között kapcsolati hálózat van, ami elsősorban táplálkozási tulajdonságuk szerint alakul. A „ki mit eszik a talajban” kérdés határozza meg azt a talajélőlényekre (a talajbiótára vagy az edafonra vonatkoztatva), hogy a talaj hogyan tudja az elsődleges funkcióját, a növény-táplálást is biztosítani. A növények azok az élőlények, melyek a levegőben található szervesen

szén-dioxidból a napfény-energia segítségével képesek szerves szén-vegyületeket előállítani. Ehhez azonban szükségük van még azokra a vízben oldott tápelemekre is, amelyek nagy részét csak a talajok mikroorganizmusai képesek felszabadítani (vegyületeikből) enzimek segítségével, vagy oldhatóvá tenni az általuk kiválasztott szerves savakkal. Fontos még az a Nitrogén is, amely az egyetlen elem, ami kívülről kerül a talajba, annak mikrobiális tevékenysége által. A légkörben nagy mennyiségben rendelkezésre áll a nitrogén, de az erősen összekapcsolódó két nitrogén molekula 3-as kötését csak bizonyos baktériumok képesek megbontani és azt a növény által már könnyen felvehető nitrogén atomokat is tartalmazó molekulákká (aminósavakká, fehérjékké) alakítani.

A mikroorganizmusok így a talajok „kémiai mérnökei”. A legkisebb talajélőlények a talajban, alig néhány, átlagosan 5 mikron nagyságúak, de feladatuk a talaj „vegyszerházában” a táplálékkészítés, azaz főzik, vegyi anyagokkal, pl. enzimekkel kezelik, roncsolják az elhalt szerves anyagokat, így azokból a növények által is felvehető tápelemek és kisebb molekulák lesznek. A mikrobák (baktériumok, ősbaktériumok=Archea, és gombák) így képesek lebontani (dekompozíció) és ásványosítani (mineralizáció) a növényi/állati maradványokat a talajban. A legnagyobb számban jelen lévő szervezetek, ezért fontosságuk kiemelkedő a növényi tápelemek biokémiai körforgásában is. A mikroorganizmusok mindenütt és általánosan jelen vannak. Ahol bontható anyagot (akár még a hulladékokat, szennyeződést is) találnak, ott képesek nagy számban és változatos (biodiverz) összetételben jelen lenni.

■ **A mikroorganizmusok szerves anyag-lebontó képessége a növénytáplálás alapja és része.**

A legnagyobb számban vannak jelen a talajokban és a teljes talaj-táplálékháló további működő-képessége is ezek mennyiségétől, minőségi összetételétől függ.

A mikrobák számát és tevékenységét, hasonlatként ismét az emberi társadalomból véve a példát, mint egy erre épülő „rendfenntartó szervezet” felügyelni, szabályozni szükséges. A legnagyobb szabályozó maga a növény, aki már a növekedése kezdetén válogat, szelektál a talaj rendelkezésre álló mikrobátömegéből. A szelektálás alapja a növénynél legelőször is a mikróba gyorsasága és tevékenysége. A gyökéren kiválasztott anyagok (cukrok, aminosavak, vitaminok...) segítségével az erre „ráharapó”, minél gyorsabb (r strategista) és minél aktívabb (effektívebb) mikrobák kerülhetnek be a gyökérrendszerbe (a rizoszférába). Ez a tulajdonság mindkét félnek előnyököt biztosít.

■ **A kívülről bevitt mikrobiális oltások során egy adott talajba már azok az aktív mikroba-törzsek kerülhetnek, amelyeket a kedvező talajtani, növénytani tulajdonságokra válogattak ki.**

A talajban további szabályozók (regulálók) azok a sokszor szintén láthatatlan talajállatok, a mikrofauna (protozoák) és a mezo-fauna tagjai (kollembolák, atkák, fonálférgék) is, melyeket „biológiai szabályozók”-nak hívunk. Táplálkozásukkal befolyásolják a baktériumok és a gombák számát, elfogyasztják (predátorként) vagy megfertőzik (parazitálják) azokat, így korlátozni képesek a megtámadott organizmusokat és ebből előnyük származik. De miért is jó ez egy talaj-növény rendszerben? A ragadozóknak is nevezett predátorok az elfogyasztott paránylények (mikrobák) testének csak bizonyos részét,

hányadát használják be a saját testük építéséhez, így a feltáruzt maradékok könnyen felvehető közvetlen tápanyagforrásként jelennek meg a növényeknek. A fonálférgék (Nematódák) például, mint a legnagyobb csoportja ezeknek a biológiai szabályozóknak, a baktériumok fogyasztásával azonnal felvehető N-forrást juttatnak a talaj-növény rendszerbe. Hat baktérium testéből csak az egyiknek a Nitrogénjére van szüksége a saját teste építéséhez, így a másik 5 baktériumból a Nitrogén közvetlenül a talajba, a növényhez kerülhet. Csökkenthető műtrágya-felhasználáshoz vezethet el tehát, ha a talajok biológiai életére és a talaj táplálékháló teljességére figyelemmel vagyunk.

A következő funkcionális csoportot adják az „ökoszisztéma mérnökök”, azok a már szabad szemmel is látható állatok (giliszták, rovarok, mikro-artropódák), amelyek mozgatják, keverik, forgatják, „művelik” a talajokat. A tápanyagok biokémiai körforgásában tevékenységükkel aprítják, morzsolják a szerves anyagokat, így azok könnyebben feltárhatóak lesznek a talaj kémikus szervezeteinek, a mikroorganizmusoknak is a „talajkonyhában”. A talajban a mozgásuk során járatok (kitaposott utak) készítésével is lehetőséget, életteret biztosítanak a növényi gyökereknek, hogy könnyebben terjedjenek a talajban, de a járatokban lerakódott nyálka-anyagok a többi élőlénynek is táplálékot, élőhelyet adhatnak. Egy erdei ökoszisztémában is számos és sokféle ilyen élőlény található, szintén változatos összetételben (biodiverzításban).



A talajok „ökoszisztéma mérnökei”, a szerves anyagokat aprító, morzsoló talajállatok típusai és biológiai formái egy erdei avartakaróban.

Talajfunkció és szolgáltatás	Megnyilvánulása	Mi akadályozza?	Mi mutatja?
Termőképesség, termékenység	Folyamatos tápanyag-szolgáltató képesség.	Folyamatos tápanyag-szolgáltató képesség.	Növénytakaró, termés, gyökerek, talajállapot, talajélet-formák
Puffer-képesség, a talaj-károsító hatások kivédési képessége	Tolerálja a talajromboló és a környezeti stressz-hatásokat	Tolerálja a talajromboló és a környezeti stressz-hatásokat	Talajbiota, táplálék-háló (flóra és fauna-arányok). Aggregátum-stabilitás...
Megújulási, regenerációs képesség (resziliensz)	Mutatja, hogy egy talaj-károsító hatást mennyi idő alatt tud kivédeni?	Mutatja, hogy egy talaj-károsító hatást mennyi idő alatt tud kivédeni?	Humusz-anyagok színe, mennyisége, minősége, szerkezetessége
Lebontó-, degradálóképesség (toxikus anyagok kivédése)	A szennyezők ártalmatlanítási képessége	A szennyezők ártalmatlanítási képessége	Lebontatlan szár-maradványok, talajbióta (flóra, fauna, mikrobák) hiánya
Talajegészség, kórokozó (patogén)-mentességi állapot	Minőségi, szupresszív talaj, élelmiszer-minőség és biztonság	Minőségi, szupresszív talaj, élelmiszer-minőség és biztonság	Antagonista mikrobák, gomba:baktérium arány javulása

1.táblázat: A talaj-állapot mérése és a kimutatást segítő tulajdonságok.

A talajok biológiai aktivitása

A fenti csoportosítás szerint érdemes megvizsgálni azt is, hogy a talajélőlények milyen mérhető és kimutatható tevékenységre képesek a talajban és ennek a sokféle aktivitásnak milyen látható formája, megnyilvánulása van. Számos talajbiológiai tulajdonságot tudunk mérni, vizsgálni és ezek segítségével a jelenlévő szervezetek számára (mennyiség) és összetételére (minőség) is következtetni. A környezeti „stressz” körülmények képesek gátolni, csökkenteni az élőlények tevékenységét. A talajban irodalmi adatok szerint a jelen lévő mikroorganizmusoknak átlagosan közel 70%-a inaktív, alvó (dormans), nem működőképes állapotban van, és csak akkor lesz ismét aktív, ha a körülmény megfelelő, vagyis van bontható szerves anyag, levegőzött a talaj, a víz is rendelkezésre áll és még a szaporodási hőmérséklet is optimális számukra. Ezek mellett a talajba vitt vegyi anyagok, a peszticidek is korlátozó tényezők lehetnek. Fontos tehát mérni a hatásokat.

A talajok egészségéhez általában a teljes és működőképes talaj-táplálék-háló szervezetekre szükség van hiszen ezek egymásra épülve biztosítják a talajélet sokféleségét és számos funkcióját. A szakma arra törekszik, hogy ezek mérhetőek, kimutathatók is legyenek. A fenti táblázat ezt összegzi.

A talaj kémiai mérnökeinek a munkáját a talaj légzés (respiráció), a mikrobiális biomasza és a talajok enzimikus aktivitása mutathatja ki, amire már szabványos vizsgálati módszerek is léteznek. A biológiai szabályozók közül a leginkább alkalmazott módszer a fonálférgék (Nematódák) mennyiségi és minőségi vizsgálata, azaz a fonálférgék (Nematódák) száma és összetétele, amit

viszonylag egyszerűen, mikroszkópos megfigyeléssel tehetünk láthatóvá. Ásópróbával a földigiliszták száma is megállapítható és ezzel következtethetünk a talajban a működési folyamatokra. A földigiliszták mennyisége egy adott talajban rendre arányos a talaj bontható szerves anyagaival is. Hazai és nemzetközi gyakorlatban is ismert az a gyakorlat, hogy bizonyos textil-anyagokat, így például vatta (cellulóz)-tartalmú zsákocskákat a földbe leásva és időnként azokat visszamérve határozható meg a talaj bontási (degradációs vagy dekompozíciós) képessége, amiben a baktériumok és a talajállatok tevékenysége is beletartozik (Unger féle cellulózteszt).

Gyakorlati körülmények között, egy-egy gazdaságban az „ásd el az alsóneműdet” mozgalom, vagy az „ásd be a teafiltereket” alapján is láthatóvá lehet tenni a talajbióta

A talajok fizikai-kémiai tulajdonságaival összefüggésben a talajbiológiai aktivitás mértékét jól össze lehet hasonlítani a pamut alsóneműnek a talajba ásásával. Két-három hónap alatt látható és mérhetővé is tehető az elbontott mennyiség, a talaj „cellulózlebontó” aktivitása. A fotón németországi régiók talajainak a változatos mintázata látható.



„éhségét” és a táplálkozásra vonatkozó „akaraterjét” (effektivitását) is. A leásott objektumokat aztán legkevesebb 6-hét, de inkább 2-3 hónap után kiszedve látható és mérhető az elbontott anyagok mennyisége. Ezzel a közvetlen módszerrel tényleges és szemmel is megfigyelhető képet kaphatunk a vizsgált talajok biológiai tevékenységének a mértékéről. Az eredmény összefüggésben van az adott, vizsgált talaj alapvető fizikai-kémiai tulajdonságaival, szemcse-összetételével, a szerves-anyag- és víztartalmával, de befolyásolja a művelési mód, a felhasznált és talajba vitt anyagok (trágyák, növényvédő-szerek), és a további meghatározó környezeti körülmények is. Ennek változatos megnyilvánulására mutat példát a fotó.

■ A talajok fizikai tulajdonságai megalapozzák, a kémiai tulajdonságok befolyásolják a talajok általános tulajdonságait. A talaj-élőlények (a talajbióta) ezekkel összefüggésben oda-visszahat, állandóan és dinamikusan változó módon, de folyamatos működőképességet tud biztosítani.

A talajok egészsége

A talaj, mint környezeti tényező hatással van az emberi egészségre is közvetlenül a táplálékaink és közvetve számos egyéb funkciója által. A talaj és az ember is a bioszféra része, így az élettani ökológiai tényezők, a természeti törvényszerűségek mindkettőre hatnak. A talajok egészségét is képesek biztosítani bizonyos, erre genetikailag és élettani tulajdonságaik alapján alkalmas mikroorganizmusok. A talaj egészségi állapotát (szupresszivitását) ki lehet mutatni ezekkel és így a vizsgálatok alapján az egészséges talaj összehasonlítható az immun-gyenge (receptív) talajokkal. A talaj-növény egészséget jelző néhány talajbiológiai jellemzőt és vizsgálati lehetőséget a 2. táblázat összegzi.

A betegségekkel és a káros környezeti „stressz” tényezőkkel szemben ellenálló, szupresszív, talajban a növény is egészséges és nem, vagy kevésbé fogékony a kór- és károkozók támadásával szemben. Ezt segíthetik a növényi gyökérrendszerben és gyökereken (rizoplán), valamint a gyökér/növény-belsőben is életfeltételeket találó és a növényvel így együttműködő mikrobiális tulajdonságok is. A növénytáplálás mellett egyúttal védik is a növényt a kór- és kár-okozóktól, így nem csak a műtrágyák, de a növényvédő-szerek (peszticidek, mint mesterséges életidegen anyagok) felhasználása is csökkenthető. Az a talaj, ahol nincsenek „játékony hatású” növénynövekedést-serkentő és hormonokat biztosító, szabályozó baktériumok/gombák, nem nevezhető tehát egészségesnek. Az egészséges talajban a kórokozó gombákat a jelen-lévő antagonista tulajdonságú baktériumok képesek távol-tartani, kontrollálni.

A talajok fizikai és kémiai tulajdonságai mellett a talajbiológiai működőképességre is figyelemmel kell lenni. A talajok víz- és levegő-gazdálkodásához is oda-visszahatásként szükséges a talajbióta jelenléte és működése, de további előnyt jelent az összetétel alapján a talaj-egészség, ezáltal a növény- és emberi egészség biztosítása is, amire figyelni (mérni, vizsgálni és ha szükséges akkor javítani) kell. Ezt a célt szolgálja a MATE biológiai talajerőgazdálkodó szakirányú képzése, továbbá az MTT Talajbiológiai Szakosztálya és az MTA DAB Talajbiológiai Munkabizottsága is.

Bíró Borbála,
az MTT Talajbiológiai Szakosztály elnöke,
az EU „Egészséges Talaj és Élelmiszer”
misszió hazai szakértője,

biro.borbala@gmail.com

Talajbiológiai tulajdonság	Egészség jelzése, kimutatásuk	Jellemző mikroorganizmusok
Antagonista baktériumok és gombák jelenléte, aktivitása	Antagonista képesség ellenőrzése növény-kórokozókval szemben	Aktinobaktériumok, biokontroll gombák (pl. <i>Trichoderma</i> sp.)
Növény-növekedés-serkentő baktériumok	Vaskelátok kimutatása, aktivitása abundancia vizsgálat	<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>P. putida</i> csoport tagjai
Potenciális növény-, humán-kórokozók	Élelmiszer-minőségi- és biztonsági, mikrobák jelenléte	Spórák patogének <i>Enterobacter</i> , <i>Listeria</i> , <i>Escherichia coli</i> ...
Asszociatív és obligát szimbionta nitrogén-kötők	Nitrogén-kötők jelenléte, kimutatása, gyökérgümők száma, helyzete, aktivitása	<i>Azospirillum</i> , <i>Rhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i> genus,
Foszfor-mobilizáló gombák, baktériumok	Gyökérfestés, kolonizáció, mikroszkópos aktivitás-vizsgálat	Arbuskuláris mikorrhiza (AMF), spórák <i>Bacillus</i> sp.

2.táblázat: A talaj-egészség megnyilvánulásához szükséges néhány talajbiológiai tulajdonság és az azokban résztvevő mikroorganizmusok.