Mezőgazdasági kézikönyv 6.

TALAJTAN
BIOGAZDÁLKODÓKNAK II.

Talajbiológia, talajfunkciók



AGRÁRMINISZTÉRIUM

NEMZETI AGRÁRGAZDASÁGI KAMARA

2020

Mezőgazdasági kézikönyv 6.

TALAJTAN BIOGAZDÁLKODÓKNAK II.

Talajbiológia, talajfunkciók

2020.

Tartalom

5. A talajoktól elvárható működőképesség 7
   5.1 Talajfunkciók 7
      5.1.1 A talajélet vizsgálata és a környezeti tényezők hatásai 14
      5.1.2 Dinamikus változások a talaj-növény-mikroba kapcsolatban 16
   5.2 A talajok élőlényei, a talaj táplálékháló szervezetek 20
      5.2.1 A talajélet szereplői 20
   5.3 A talajállapotot és működőképességet jelző tulajdonságok 26
      5.3.1 A talajállapot felmérése biológiai szempontból 26
      5.3.2 A talajminőség és az egészséges talaj 28
   5.4 A talajjavítás és a talajműködés hatékony módszerei 34
      5.4.1 Bioeffektív talajjavítás és növényvédelem
      a talajtípus függvényében 34
   5.5 A talajegészség és az emberi-, környezeti egészség közötti összefüggések..42
      5.5.1 Egészségünk alapja az egészséges talaj 42
      5.5.2 A paradicsom biológiai növényvédelme – esettanulmány 43
6. Idézett és további javasolt irodalmi hivatkozások 49





Tisztelt Olvasó!

Kiadványunk elsősorban gazdálkodóknak készült: biogazdáknak, leendő biogazdáknak, valamint azoknak, akik nyitottak a „zöldebb" mezőgazdasági módszerek iránt. A kötetben természetesen olyan alapvetéseket is megfogalmazunk, melyek által a hagyományos gazdálkodásban is védhetjük, óvhatjuk környezetünket, a feltételesen megújuló erőforrásainkat, talajainkat. Ez valamennyi gazdálkodó hosszú távú és jól felfogott érdeke, hiszen a talajának megfelelő gondozásával gazdasági célkitűzéseit is realizálhatja, s könnyebben alkalmazkodhat a környezeti kihívásokhoz.

Globális szinten nézve, a fenntarthatóság egyik alapkérdése talajaink védelme, termékenységük megőrzése. Célunk, hogy ehhez olyan módszereket ismerjenek meg a gazdálkodók, amelyek Magyarországon átültethetők a napi gyakorlatba.

Kiadványunk első részében, a ***Talajtan biogazdálkodóknak I.****-ben az* ***ökológiai gazdálkodás előírásairól****, valamint az azoknak megfelelő* ***tápanyag-gazdálkodási*** *lehetőségekről és a leggyakrabban termesztett szántóföldi növények* ***agrotechnikájáról*** *olvashatnak, mely iránymutatást is megfogalmaz a növényvédelmi alapintézkedésekre.*

A második rész fókuszában a **talajbiológia** *áll, amely nemcsak a talaj termékenysége, hanem a növényvédelem szempontjából is fontos tényező. Minden gazdálkodónak tudnia kell azt, hogy a talaj élő közeg, mely akkor funkcionál megfelelően, akkor segíti gazdáját, ha megfelelő kezelésben részesül. Fontos, hogy ellássuk szervesanyaggal, melyet a talajban lévő élőlények alakítanak át értékes humuszanyagokká, a növények táplálásához szükséges anyagokká. A talaj ezáltal kellően szerkezetes, víztartó és megfelelően átszellőzötté is válik, megteremtve a megfelelő életteret a mikrobák és a növények gyökerei számára. Az egészséges növény sokkal ellenállóbb a környezeti tényezőknek, károsítóknak, kórokozóknak. Az egészséges növény biztosítja a gazdálkodó számára a várt hozamot és minőséget.*

Bízunk abban, hogy kiadványunk áttanulmányozása hozzásegít minden érdeklődőt a még eredményesebb gazdálkodáshoz!



Győrffy Balázs
elnök
Nemzeti Agrárgazdasági Kamara



5. A talajoktól elvárható működőképesség

5.1 Talajfunkciók

A talaj, illetve még pontosabban a **termőtalaj** szerepe többszörösen felértékelődik napjainkban. A talaj az élet alapja, nélkülözhetetlen és pótolhatatlan természeti erőforrás, aminek a növénytermesztéssel összefüggő megújulása bizonyos feltételekhez kötött. Ezeket a feltételeket és a talajminőség fenntarthatóságát az organikus és az ökológiai törvényszerűségeket alkalmazó művelési módok tudják leginkább megvalósítani.

A **talaj termékenysége** a talaj lényegi tulajdonsága, amit többek között a talajélőlények biztosítanak. Termőtalajt emlegetünk, mivel az egyik legfontosabb elvárt szerepe a talajnak a termékenység; az a képesség, hogy saját, önálló működésével a növényeknek vizet és a benne oldott ásványi anyagok formájában táplálékot, tápelemeket és ezzel a szükséges életfeltételeket tudja biztosítani. Ehhez a tulajdonsághoz megfelelően jó minőségű, egészséges talajra van szükség.

A **talajok minősége** annak az alapvető tulajdonságnak a kifejezője, hogy az adott talaj a külső környezeti és művelési vagy egyéb természeti/ember által előidézett behatásokra milyen mértékben tudja megtartani az elvárt, **ökoszisztéma- szolgáltatásoknak** nevezett működőképességét.

A talajoktól elvárt „működést", azaz a talajok szerepét
Várallyay György (2016) így foglalta össze:

a) A talaj **feltételesen megújuló**, megújítható természeti erőforrás. Megújulása azonban nem automatikus, működésének fenntartása állandó tudatos tevékenységet és odafigyelést követel.
b) A talaj több természeti erőforrás (napenergia, légkör, vízkészletek, geológiai és biológiai erőforrások) együttes hatása és azok átalakítása (integrálása, transzformálása) alapján biztosít **életteret** a benne élő szervezeteknek és **termőhelyet** is a növényeknek. A talaj a természet hatalmas biológiai reaktora, a földi lét nélkülözhetetlen feltétele.
c) A talaj az elsődleges (primer) **biomassza termelés** alapvető közege, termelőeszköz. Legfontosabb tulajdonsága a termékenység. Víz, levegő és a növény számára szükséges tápanyagok egyidejűleg fordulhatnak elő ebben a sokténye zős (polidiszperz) rendszerben.

d) A talaj hő-, víz-, növényi tápanyagok (és szükségszerűen káros anyagok) **természetes raktározója**. A talaj az önálló, lényegi tulajdonságai szerint képes a felszínközeli hőmérsékleti szélsőségeket kiegyenlíteni; a növények víz- és tápanyagellátását biztosítani.
e) A talaj a bioszféra nagy **kiegyensúlyozó képesség**gel rendelkező eleme. Kivédi a talajt érő környezeti stresszhatásokat, mint például aszály, túl sok csapadék, fagy stb., illetve ide sorolhatók az ember által okozott károsító hatások is (nehéz erőgépek talajtömörítő hatása, műtrágyák, hígtrágyák, növényvédőszerek, ipari és közlekedési szennyeződések).
f) A talaj a természet **szűrő és detoxikáló rendszer**e; képes a mélyebb rétegeket és a felszín alatti vízkészleteket a szennyeződésektől megóvni és megtisztítani.
g) A talaj a bioszféra jelentős **géntárolója**, amely fontos szerepet játszik a biodiverzitás, a **faji sokféleség** fenntartásában. Az élő szervezetek jelentős hányada él a talajban, vagy kötődik élete közvetlenül vagy közvetve a talajhoz, amelyeket óvni, védeni szükséges.
h) A talaj hordozza (fedi, őrzi, konzerválja) a Föld, az élővilág és az emberiség történelmének számos emlékét.

Az így megfogalmazott talajfunkciók közül a termékenységgel összefüggésben a **talajminőség** az, aminek a megtartása a legnagyobb kihívást jelenti. A minőség a talajművelők és talajhasználók körében, mint az **egészséges talaj** követelménye jelenik meg.

Ennek legfontosabb elvárása, hogy:
- tápanyagot tudjon biztosítani a termesztendő növények, növényzet számára,
- képes legyen megtartani és tárolni a vizet,
- kellően levegőzött és laza szerkezetű legyen, ami megmutatkozik abban is, hogy könnyebben, kevesebb energiabevitellel művelhető összehasonlítva a gyenge termékenységű, termőrétegében lepusztult vagy egyéb módon degradált és kötött szerkezetű talajokkal.

A talajok működőképességét a **talajtulajdonságok összhatása** határozza meg, ami viszont a talajban végbemenő anyag- és energiaforgalmi, talajképződési és talajpusztulási folyamatok, valamint a talajművelési módszerek együttes hatásának az összeadódó eredménye. A talajok termékenységének, a talajminőségnek és ezen belül a talajegészségnek a kialakulásához, mi több a fenntartásához is a talajba vitt **szerves (organikus) anyagokra van szükség.** A szerves anyagok az élő, vagy a valaha élő, már elpusztult szervezetek testtömegét jelentik. Ebbe beletartoznak a talajon termett/termesztett növényi maradványok is, amit a termés betakarításával nem vittünk le a talajokról. A szerves anyagok adják a talajok minden elvárt tulajdonságának a lényegi elemét. Szerves anyagok nélkül nem beszélünk termőtalajról, az csak egy felszíni képződmény, a talajalkotó ásványok törmeléke. A szerves anyagok mennyisége nem azonos az egyes talajokban. A képződésükre, kialakulásukra számos környezeti és emberi tényező hatással lehet. Minden adott helyen a környezeti



tényezők által is meghatározott módon alakulnak ki azok a ***genetikai talajféleségek,*** amelyeket ismerve tudjuk a talajok szervesanyag-mennyiségeit bizonyos határok között változtatni. A hazai talajok szervesanyag-készlete igen tág határok között mozog, ezt a ***1. táblázat*** mutatja be. Látható, hogy a talajok 80 %-ában az összes szervesanyag-mennyiség 50- 400 t/ha között lehet a felső művelt rétegben, de ezen belül is 3 kategória szerint 100 t/ha mennyiségekkel változhat. Az így meghatározott szervesanyag- mennyiségek nagymértékben befolyásolhatják azt, hogy az adott talajon mennyi termés lesz, és az milyen művelési-kezelési módszerekkel érhető el.
A szerves anyagok mennyiségének az egyik legfontosabb szerepe, hogy befolyásolják közvetlenül és közvetett hatások révén is a talajok víz- és hőgazdálkodási tulajdonságait.

A víz a talajban egy olyan kritikus tényező, aminek a hatása kihat a talajban található élőlényekre, azok túlélő- és működőképességére és ezzel szoros összefüggésben a növénytermesztés sikerességére is.

Szervesanyag-készlet a talaj felső, humuszos rétegére vonatkoztatva		
Mennyiség (t/ha)	ha	%
0–50	481 750	5,3
50-100	1 915 130	21,0
100–200	2 586 270	28,5
200–300	1 923 590	21,1
300–400	1 887 270	20,7
400–	305 440	3,4

1. táblázat *A szerves anyagok mennyisége és megoszlása a hazai talajokban (Várallyay Gy., 2002 nyomán)*



A szervesanyag-mennyiség befolyásolja a talajok vízgazdálkodási tulajdonságait is. Általában elmondható, hogy ha több a talajban a szerves anyag, akkor annak a víz- megtartó és hasznosítási képessége is jobb lesz. A szerves anyag olyan a talajban, mint a szivacs, megtartja és a növények számára felvehetővé teszi a vizet ***(1. kép)***.



1. kép *A szerves anyagok, melyek a növényi-állati élőlények maradványaiból és az azokból biológiai úton létrejött humusz-anyagokból állnak, a talajban "szivacsként" működnek. Megtartják a vizet és kellő mennyiségű levegőt (oxigént) is biztosítanak. A szerves anyag nélküli összetömörödött rögök pedig olyanok, mint a tégla; a növényi gyökereket megtámasztják, de nem képesek azt tápanyagokkal is ellátni (Fotó: Gelencsér, M.).*

A kedvezőtlen, közepes és a jó vízgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkező talajok megoszlása hazánkban a következő:

1. **Kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságokkal** rendelkező hazai talajok (43%) és okai.
a) szélsőségesen nagy homoktartalom (10,5%).
b) szélsőségesen nagy agyagtartalom (11%).
c) szikesedés, sófelhalmozódás (10%).
d) láposodás, időszakos vízborítás, vízfedés (3%).
e) igen sekély, vékony termőréteg (8,5%).
2. **Közepes vízgazdálkodási tulajdonságokkal** rendelkező hazai talajok (26%) és okai.
a) könnyű mechanikai összetétel, laza szerkezet (11%).
b) agyag-felhalmozódás a talajszelvényben (12%).
c) mérsékelt szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben (3%).
3) **Jó víz-gazdálkodási tulajdonságokkal** rendelkező hazai talajok (31%).





Látható, hogy a talajoknak alig több mint a felénél beszélhetünk csak jó (31%), vagy közepesnek (26%) mondható vízgazdálkodásról és kedvezőtlen a víz tárolása, felhasználása 43%-ánál a hazai talajoknak. Ennek okai között azonos mértékben beszélhetünk a talaj fizikai összetételének a kedvezőtlen tulajdonságáról (túl sok homok, vagy túl sok agyag), de a környezeti/emberi tényezők miatt kialakult elsődleges/másodlagos szikesedés, vagy az erózió következtében sekély termőréteg kialakulásáról is. A kedvezőtlen ökológiai és művelési tényezők befolyásolják a növénytermesztési lehetőségeket, és annak sikerességét is. A talajok elsősorban az ökológiai törvényszerűségek által meghatározott módon képesek ellátni azokat az elvárt tevékenységeket, amelyeket **ökoszisztéma szolgáltatásoknak** nevezünk. Ezeket a szolgáltatásokat, összefoglalóan az ***2. táblázat*** mutatja be.

A talajok működését és a tőlük elvárt tulajdonságokat 4 fő tevékenység köré csoportosíthatjuk:
1) a talajtermékenység és a talajminőség által meghatározható **fenntarthatóság biztosítása**,
2) a talajra épülő további rendszerek működésének az ellátása,
3) illetve szabályozása és
4) a történeti, kulturális örökségek hordozása.

Ezek a tulajdonságok egyúttal irányt is mutatnak a talajok további lehetséges használatára.

Ökoszisztéma szolgáltatások		Talajfunkciók
A fenntartóság biztosítása		
1	Biomassza-termelés	Növénytermesztés
2	Talajképződés	Talajtulajdonságok kialakítása
3	Tápanyag-körforgalom	Tárolja, forgatja és biztosítja a tápanyagokat
A kapcsolódó ökológiai ellátó szerep		
4	Élettér	Helyet biztosít a talajban és a talajon élő organizmusoknak, élőlényeknek
5	Víztárolás	Vizet megtart és résztvesz a körforgásban
6	Szerkezet, támogatás	Tartja a növényi gyökereket
7	Tápanyagellátás	Biztosítja a növénytáplálást
8	Biológiai anyagok	Biológiai anyagok termelése (antibiotikumok, biostimulátorok)
9	Ásványi nyersanyagok	Talaj- és életminőség befolyásolása
10	Biodiverzitás	Biológiai, genetikai sokféleség, működőképesség

Ökoszisztéma szolgáltatások		Talajfunkciók
Az ökológiai folyamatokat szabályozó szerep		
11	Vízminőség szabályozása	Szűrő és viztisztító tulajdonság
12	Vízellátottság	A víz geológiai körforgása
13	Gáz-körforgás	A légkör összetételének a befolyásolása
14	Klíma-szabályozás	A hőmérséklet, a csapadék és egyéb biológiai hatásokkal összefüggő szabályozások
15	Erózió-kontroll	A szél és a víz talajromboló hatásának a kivédése
Kultúrális örökségek hordozója		
16	Rekreáció	Az emberi egészség fenntartása
17	Tudatosság, tudás	Az emberi ismeretek, a tudás fejlődése
18	Kulturális hagyaték, régészet	Földtörténeti korok hordozója

2. táblázat *A talajok szerepe, működőképessége és az úgynevezett „ökoszisztéma- szolgáltatások" (Haygarth, P.M., és Ritz, L. 2009 nyomán).*

A talajok minőségétől függ az, hogy az ***2. táblázatban*** összegzett tulajdonságokat mennyire tudja ellátni. A talajminőség kialakításában a **talaj-élőlények jelenléte** nélkülözhetetlen. Szerepük a talajban az elsődleges és a másodlagos szerves anyagok, így a humusz kialakítása is. A szerves anyagok a talajok lényegi elemét képezik, a talajok fizikai- és kémiai tulajdonságain keresztül fejtik ki a hatásaikat. Az összetett, stabil szerkezetű, szerves humusz anyagok közvetlen és közvetett módon is hatással vannak a talajok különböző tulajdonságaira. A **humusz anyagok** stabilitását, vagy az átalakulásuk mértékét is meg tudjuk állapítani, a Hargitay féle humuszminőségi index alapján (Hargitay, 1983).
A humusz legfontosabb szerepe, hogy a talajok szerkezetének a módosítása által egyúttal biztosítja a talaj kedvezőbb vízforgalmát, a hőháztartás javulását és a levegőt igénylő talajfolyamatokat is. A humusznak maximális mennyisége van, vagy lehet egy adott növény-talaj-éghajlati rendszerben. Az ökológiai körülmények között ezek elérésére kell törekedni.

5.1.1 A talajélet vizsgálata és a környezeti tényezők hatásai

A talajok minősége, állapota, sőt számos tulajdonsága állapítható meg és értékelhető különböző vizsgálati módszerekkel. Ezek sorában azonban leginkább a fizikai és a kémiai tulajdonságok vizsgálata a jellemző és a biológiai életerő-tulajdonságok a talajminőség és funkciók értékelésénél háttérbe szorulnak.

A biológiai tulajdonságok bevonásával olyan **talajdiagnosztikai** bélyegek ismerhetők meg, amelyek segítenek megítélni a talaj adott állapotát és a szükséges beavatkozások szükségességét és lehetőségeit is. Ehhez meghatározott értékszámokkal kell jellemezni egy-egy tulajdonságnak az adott talajban történő megnyilvánulását. Számos kezdeményezés ismert a talajok értékének, minőségének a megállapítására. A talajjal kapcsolatosan elmondható, hogy vannak stabil, nehezen változó vagy nehezen változtatható tulajdonságok, amelyeket nem tudunk, és nem is lehet tartósan befolyásolni. A talajok alapvető összetétele, a felépítő ásványok például egy ilyen tulajdonságot jelentenek. Nyilvánvaló ennek megfelelően például, hogy az alapvető szemcseösszetétel erősen meghatározó tulajdonság, „homokból" nem tudunk, nem lehet „agyagot" előállítani, vagy fordítva. Ha tudjuk azonban, hogy milyen az összetétele egy adott talajnak (milyen a homok- iszap- agyag részecskék aránya), akkor a hiányzó szemcséket bizonyos határok között ásványi anyagok hozzáadásával meg tudjuk változtatni. A szerkezetességet a művelési módokkal lehet leginkább befolyásolni.

A talajbiológiai tulajdonságok a talajokban gyorsan és viszonylag könnyen megváltozó és változtatható tényezők. Nehézségekbe ütközhet azonban az egységes mérési, vizsgálati módszerek kialakítása, ezért a biológiai tulajdonságok bevonását gyakran mellőzik. A tulajdonságok gyors megváltozó képessége egyúttal előnyt és hasznosságot is jelent, főleg, ha a talajok építésére vagy a helyreállító, regenerációs lehetőségeire gondolunk.

A talaj-növény rendszerben **a növény, mint a talajbiológiai folyamatok irányítója** tudja befolyásolni a folyamatokat. Az egyik legfontosabb biológiai segítség a növénynek a „kölcsönösen hasznos együttélésnek" is nevezett **szimbiózis**. Ez az **együttélés** a gazdanövénynek és a talajok „jótékony hatású" mikroorganizmusainak az összekapcsolódása. Ha jól működik, akkor mindkét partner jobb életfeltételekhez jut. A növénynek a szimbiózis kialakításához kellő energiára és saját tápanyagkészletre van szüksége. De cserébe, ha ez a rendszer kialakul, akkor a növény is visszakap a mikroorganizmusoktól szervetlen ásványi anyagokat. Ezekből készít a növény szerves anyagokat a saját biomasszájának, testtömegének és a terméseknek, magvaknak az előállításához. Ez a folyamat meghatározza a növénytermesztés sikerét, eredményességét.

A gazdanövény, de a talaj élőlényei is ki vannak téve a környezeti (stresszhatásoknak). Ezek lehetnek az extrém nagy, vagy az igen alacsony hőmérsékletek, a tápanyagok és az éltető víz hiánya, az igen nagy sótartalom...stb. A környezeti stressz tényezők erősödésével a növények irányítani tudják azt, hogy a talaj-mikroorganizmusok hogyan vegyenek részt a növénytáplálásban, és ezzel hogyan védjék ki a káros, környezetileg nem megfelelő körülményeket? Vegyünk például egy szikes talajt, ahol a növényt az igen nagy sótartalom nagy nehézség elé állítja, ami a nyári nagy melegben és csapadékszegény időszakban még rosszabbodik is. Ebben az esetben a növény érzékeli az előző napok csapadék- hiányát, de a hőmérséklet emelkedését is; és ennek hatására képes kb. nyolc nap leforgása alatt erősíteni ezért a **mikorrhiza gombákkal kialakított hasznos szimbiózist.** Az így kialakult együttműködés a növény és a jótékony mikrobák között segíteni tudja a növény víz- és tápanyagfelvételét, vagy a harmonikus tápanyag- egyensúly kialakítását is.

Ez az a tipikus „kölcsönösen hasznos együttműködés", amire számos példa van a növény-mikroba kapcsolatban. A „nyolc napi" időtartam azonban visszafelé is működik. Ha a növény nem tudja a saját maga által készített tápanyagokat előállítani (pl. ha nincs elég napsütés), akkor leépíti a szimbionta mikroorganizmusokat a növénybelsőből.

Ezek a kölcsönhatások a mindennapok történései a talaj-növény rendszerekben és egy folyamatosan változó, **dinamikus egyensúlyra törekvés** jellemzi ezt az együttműködést. A sokféle környezeti élő és élettelen tényező között a növénytáplálás csak az egyik és számos esetben nem a legfontosabb tulajdonság, ami létrejön. Ha például, a talajban kórokozó baktériumok vagy gombák szaporodnak el, akkor a növény küzdelme az ellenük való védekezést jelenti, és olyan változások jönnek létre, ami mind a növény, mind a gyökérrendszer, mind pedig a talajélőlények élettevékenységét megváltoztatja. Ebben az új kapcsolatban akkor az a kérdés lesz a legfontosabb, hogy ki lesz a leggyorsabb, aki reagál a kialakult helyzethez. Számos olyan mikroorganizmus is ismert, amelyek, mint **növényvédő hatású szervezetek** fejthetik ki a talajban az általuk elvárható kedvező növényélettani tevékenységet.

A **növénynek is van „immunrendszere",** amit szintén hasznosan lehet fel/kihasználni a növényvédelem során. Ha például nem kártékony, „szelíd" mikrobákkal permetezzük a növényt, amelyek látszólagos támadást jelentenek a növényi gázcserenyílásokon keresztül, a növény védekezési reakciót kezdeményez. Ez azért lehet hasznos, mert később, ha ténylegesen kártékony (agresszív patogén kórokozók) támadnak, akkor azok ellen a növénynek már kész válaszreakciója van és nem juthatnak be a betolakodók.

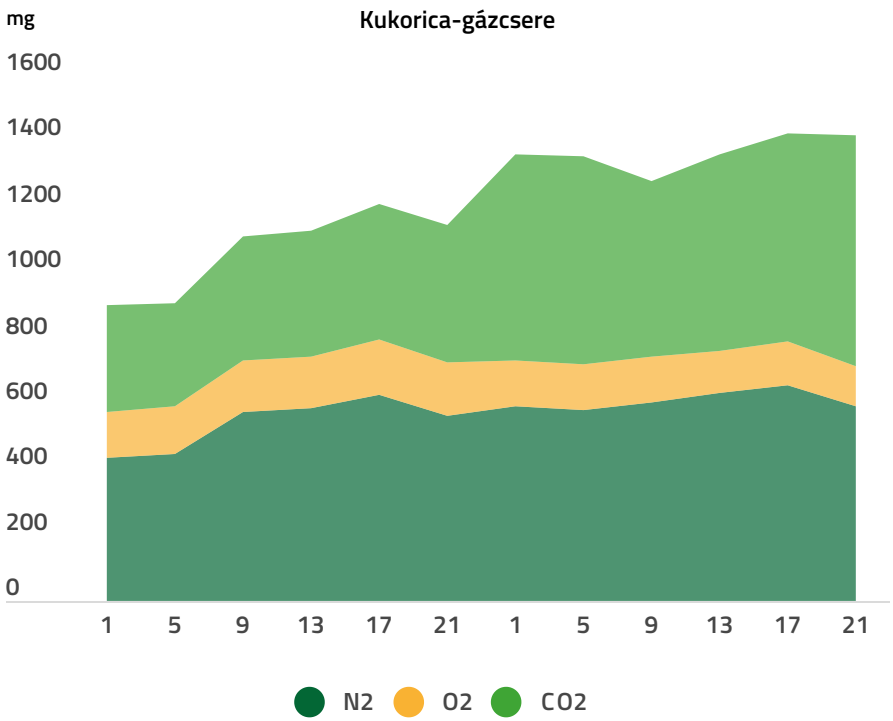
Az ilyen **„bioracionálisnak" nevezett alkalmazásokkal** a peszticidek felhasználása csökkenthető vagy teljesen kizárható. Ezek az ökológiai termesztésnél is hatékony megoldásokat jelentenek. A bioracionáliák a baktériumtrágyák mellet egyértelműen jelzik, hogy a készítmény alkalmas a növényvédelmi hatásra, így a növényvédő szerek kiváltására. A további lehetséges módszerekre példákat lehet találni az Európai Unió Biofector projektjében (www.biofector.info).

5.1.2 Dinamikus változások a talaj-növény-mikroba kapcsolatban

A növények a növekedésük és fejlődésük során az élettevékenységük alapján lélegeznek, gázcserét folytatnak, növekednek, fejlődnek A gázcsere fordított módon történik, mint az embernél. A növények széndioxidot (CO2) lélegeznek be és oxigént (O2) lélegeznek ki. A folyamatot leginkább a fény és a hőmérséklet befolyásolja, aminek napi szintű (cirkadián) ritmusa van.

Fiatal (6-leveles) kukorica növény szárában mérhető a szén-dioxid, a nitrogén és az oxigén gázok mennyisége. A mérés 4-óránként, naponta 6-szor történt. A két nap alatt kapott értékeket, ezen belül különösen a szén-dioxid mennyiségek igen nagy kilengéseit mutatja be a ***1. ábra.*** A szén-dioxidtól függ az, hogy a növény mennyi tápanyagot tud előállítani. Ha több az elnyelt szén-dioxid, több lesz a termelt szén- hidrátok mennyisége is. A növény így a mikrobiális kapcsolat építésére is többet tud áldozni, ami aztán fordított módon még tovább javítja a növénytáplálást. A **napi ritmus és dinamika** határozza meg a növény növekedését, fejlődését és a növénytermesztés eredményességét is.

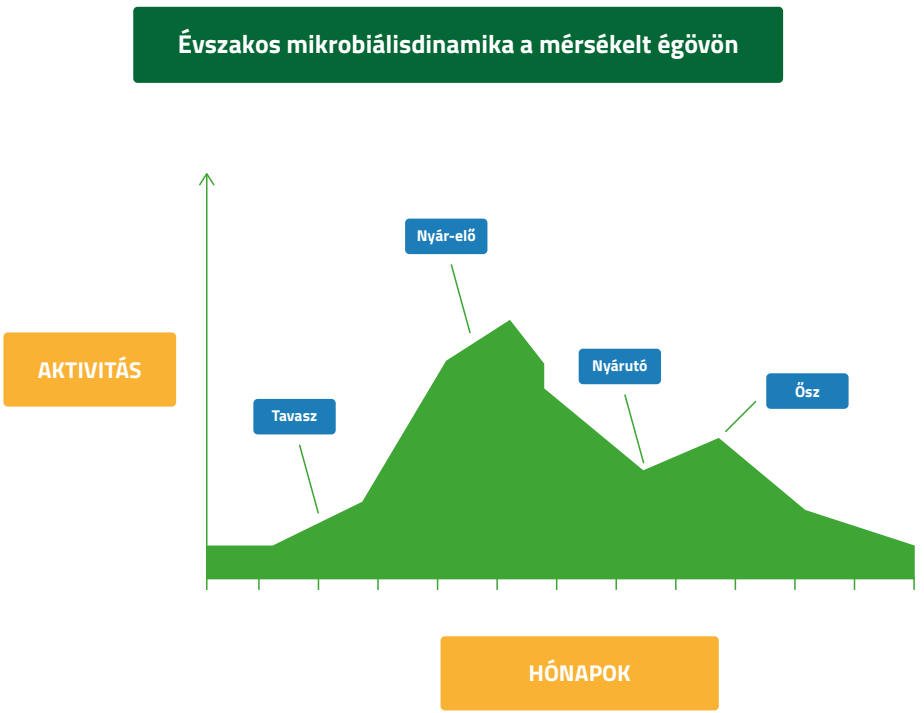




1. ábra *A hat-leveles kukoricanövény gázcsere-dinamikája a növényi száron belül. A nitrogén (N2), az oxigén (O2) és a szén-dioxid (CO2) gázok mennyisége a mérési időpontokban (1, 5, 9, 13, 17 és 21 órakor), két napon át. Megfigyelhető, hogy két egymást követő nap során sem azonosak a kilengések, a növény fejlődésével, de a környezeti tényezőktől (pl. talaj víztartalma, napsütés erőssége) szerint is változnak a reakciók (forrás: Biró, B., saját adatok).*

A közép-Európai időjárási, klimatikus tényezők alapvetően meghatározzák egy-egy adott talajban az előforduló vagy éppen ott elérhető, különböző egyéb dinamikákat is. Nem csak a növényeknek, de a talajban élő egyes élőlénycsoportoknak is van **napi, heti, évszakos és éves ritmusa is.**

A talajok élőlényeinél, így a mikroorganizmusok többségénél is, különösen meghatározható egy évszakos ritmus szerinti mintázat a mérsékelt égövi körülményeink között.
Ezt az ***2. ábra*** mutatja be.



2. ábra *A mérsékelt égövön a talaj-növény-mikroba rendszerekben kialakuló mikrobiális dinamika alakulásának az évszakos ritmusa (forrás: Biró, B., Talajökológia, oktatási tananyag, SzIE).*

Az adott éghajlati körülmények között felismerhető szabályos bioritmust, mintázatot leginkább a hőmérséklet befolyásolja. Megfigyelhetjük, hogy az utolsó fagyok elmúltával, tavasszal „éled a természet", tehát a legtöbb talajélőlény mennyisége és az általuk kifejtett tevékenység (mikrobiális aktivitás) is növekszik, ami június végére, a nyár kezdetére éri el a maximumát. A nyári nagy meleg és az azzal járó csapadékhiány csökkenti a talajélőlények előfordulását, túlélési esélyeit, ezért késő nyárra a korábbi maximális értékeknek megközelítőleg a harmadával számolhatunk. Ősszel, főleg az újabb csapadékok hatására ismét egy kisebb növekedés várható, ami jóval alatta marad a késő tavaszi nagyságnak, körülbelül a fele annak, de lényegesen nagyobb, mint a téli lecsendesedés, a hideg és a fagyok miatt kialakuló aktivitás- hiány.

Ez a megfigyelt, jellemző **mikrobiális dinamika** attól függően változik, hogy milyen a leginkább ható, befolyásoló környezeti tényező és hogy melyik mikrobiológiai tulajdonságot is vizsgáljuk. A talajban a nehezen felvehető foszfor mobilizálására képes spórás baktériumok például tavasszal nehezebben „ébrednek" ez is okozza, hogy a tavaszi növény-gyökeresedést segítheti a foszfor-mobilizáló baktériumos talajoltás.

A környezeti (stressz)tényezők (így a hideg, a fagyok, valamint a vízhiány, szárazság és az igen magas hőmérsékletek is) igen erős **szelekciós tényezőt** jelentenek a talajélőlények között. A nem kivédhető (nem tolerálható) változások a mikroorganizmusok, de a talajfauna tagjai körében is erős pusztulással járhatnak, annak ellenére, hogy a baktériumok például a legrugalmasabb (akár 40%-ban is megváltoztatható) anyagcserével rendelkeznek az élőlények között. Ez azt jelentheti, hogy képesek alkalmazkodni a legnagyobb környezeti elváltozásokhoz is (a hirtelen tápanyag hiányhoz, vagy hőmérsékletváltozáshoz...stb.). A természeti ökoszisztémákban, élőhelyeken, ha azokban valamilyen tartós környezeti negatív hatás fordul elő, mégis a mikrobiális faji sokféleség (a biológiai diverzitás) erős csökkenésével kell számolni. Ha azonban egyes mikroorganizmusok túlélik (tolerálják) ezeket, akkor azok eredményesen felhasználhatók a talajélet helyreállítására. Az egy-egy környezeti tényezőhöz (pl. szárazság, talajsavanyúság, szikesség, nehézfémek) hozzászokott, adaptált mikrobák képesek megvédeni a „gazdanövényüket" is a nem kedvező környezeti körülmények között.





5.2 A talajok élőlényei, a talaj táplálékháló szervezetek

5.2.1 A talajélet szereplői

A jó minőségű talaj egy élettel teli rendszer, amiben a talajok tulajdonságaihoz az ott élő lények is hozzájárulnak. A talajélőlényeket talajbiótának nevezzük. Életfeltételeiket erősen meghatározzák a talajok alapvető fizikai-kémiai tulajdonságai, azaz a talaj lazasága, levegőzöttsége és a tápanyagtartalma. A talajok Nemzetközi évében, 2015-ben került nyilvánosságra, hogy egy kanálnyi jó minőségű talajban az élő szervezetek száma annyi, mint ahány ember él a Földön (azaz milliárdos nagyságrendű). Ezek többsége láthatatlanul (az emberi szem számára nem észrevehető módon), mikroszkopikus szinten végzi tevékenységét.

A **baktériumok** vannak a legnagyobb mennyiségben a talajban, méretük átlagosan 5 mikron (azaz a milliméter 1000-ed része), de számuk, amit 1 gramm talajból kitenyészthetünk az 109-iken, vagyis több mint 1 milliárd (1000 millió). És mindehhez hozzátartozik, hogy a jelenlegi módszerekkel a talajból megszámolni csak 5 baktériumot sikerül 100 közül, így igen nagy mennyiségekről beszélhetünk. Igaz ugyan az is, hogy a talajban található élőlények 70%-a általában alvó (dormans) állapotban van. Ennek oka, hogy az életfeltételek a talajban nem mindig kedvezőek ezért lesznek inaktívak a talajélőlények.

Egy egészséges, életteli talajban a talajélőlények hatására a tápanyagok időben a szükséges helyen és módon lesznek jelen a növények számára. Egy önszabályozó, életrendszer alakul ki, amely képes harmóniába, egyensúlyba kerülni a saját környezetével. Az igazodás során ahhoz szokik hozzá, adaptálódik. A növény ebben a folyamatban ugyancsak az élő rendszer része; de befolyásolni is tudja a működést. Egy élelmiszertermelő környezetben a talaj minőségét, állapotát az emberi beavatkozások is befolyásolják. A talajban számos élőlény található, mindegyiknek megvan a maga igénye arra, hogy hogyan él túl, és milyen élettevékenységet tud kifejteni.

A talajban található élőlények összessége egy **talaj-táplálék-hálót** alkot. Ebben a hálóban minden a táplálékról szól. Az egyes élőlényeknek megvan az egyedi igénye a táplálkozáshoz, de azon túl arra is, hogy

- vízhez (vízben oldott anyagokhoz) és
- levegőhöz (oxigénhez) jussanak, illetve ezen kívül szükségük van még arra is, hogy
- megfelelő életteret, lakóhelyet találjanak az élettevékenységeikhez.

A táplálkozás szempontjából felosztva a talaj élőlényeit, jól elkülöníthető **életforma típusokat, szerveződési (trofikus) szinteket** vehetünk észre.



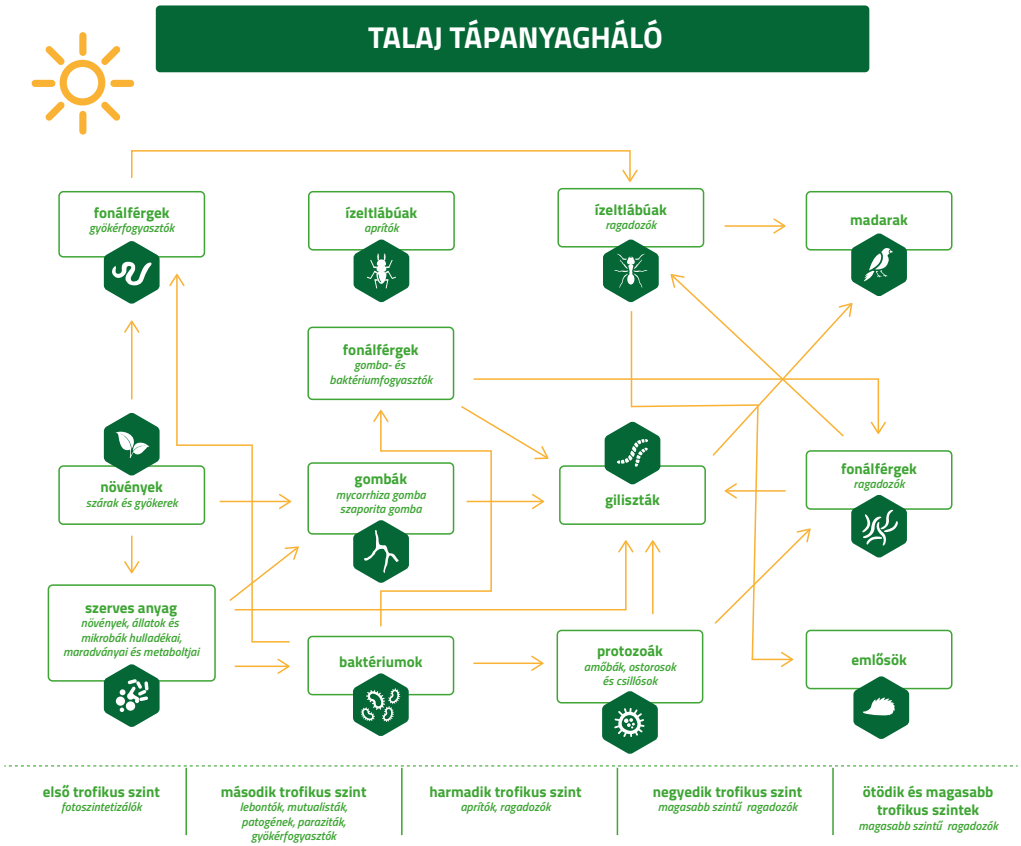
A *3. ábra* alapján öt fő szerveződési szintet lehet jól elkülöníteni.
Az **első szerveződési szintet** képezik azok az élőlények, amelyek a napfény hasznosítására képesek. A fotoszintézisnek nevezett eljárás során az éltető vízzel, a vízben oldott ásványi anyagokkal és a napfény segítségével a **szervetlen anyagokból szerves anyagot hoznak létre**. Az életnek ezen alapvető lényegi tulajdonsága nélkül a talaj további élőlényrendszer-hálózata ki sem alakulhatna.
A fotoszintetizáló képességgel rendelkező szervezetek a talajban az **elsődleges termelők,** melyek önmaguk teljes ellátására, a saját testük felépítésére képesek, önellátó szervezetek. Ezek biztosítják aztán a talajban a további életfeltételeket a nagy szervesanyag-igényű élőlényeknek, amelyek a szervetlen anyagokból nem képesek szerves anyagokat előállítani. Ezek az organizmusok nem önellátók, vagyis más élőlények „segítségére", anyagcseretermékeire, vagy a testtömegére utalt szervezetek.

A fotoszintetizáló növények és a **zöld algák**, illetve még a „**kék algáknak**" nevezett cianobaktériumok is az önellátó szervezetek közé sorolhatók. A talajban, mint elsődleges, úttörő (pionír) élőlények jelennek meg és rájuk épül a talaj táplálékháló további kialakulása is. Az összes többi talajélőlény az elsődleges termelő, fotoszintézis útján életképes mikrobákat fogyasztó szervezet.

A talaj „fogyasztó" élőlényei az élettevékenységük során felhasználhatják:
- a már elhalt növényi és állati élőlények maradványait enzimek termelésével
- apróbb egységekre lebontva azt, ez a folyamat a dekompozíció, vagy
- más élőlényeket támad meg, mint ragadozó (predátor) szervezet.

A talajban a ragadozó élőlények többféle típusát és egy más élőlényt fogyasztó predátorok többféle módját is megkülönböztethetjük.





3. ábra *Táplálkozási lehetőségek és szerveződési (trofikus) szintek, valamint az élőlények közötti kapcsolatrendszer a talajban (forrás: Biró, B., Baranyai, V., 2018 alapján).*

A **második szerveződési** szintet alkotják azok a baktériumok és mikroszkópikus gombák, amelyek a szerves anyagokat bontva jutnak saját testüket felépítő tápanyagokhoz. Ez a tevékenység biztosítja a növények számára is a vízben oldható ásványi anyagokat. A mikroorganizmusok (baktériumok és gombák) a legnagyobb tömegben megtalálható talajélőlények. Egy gramm talajban a baktériumok kitenyészthető milliárdnyi száma mellett a mikroszkópikus gombák átlagos mennyisége mindössze 104 (10 ezer) gomba grammonként. A mezőgazdasági műveléssel a gombák száma felére csökken a baktériumokhoz viszonyítva. Ugyanakkor törekedni kellene arra, hogy a talajok fejlődése, „éredettsége" valósuljon meg ami azt jelenti, hogy a baktérium túlsúlyt fel kellene váltani a gombák mennyiségi növekedésének. A talajokban a baktériumok (B) és a gombák (G) mennyiségét aránypárba állítva, kezdetben

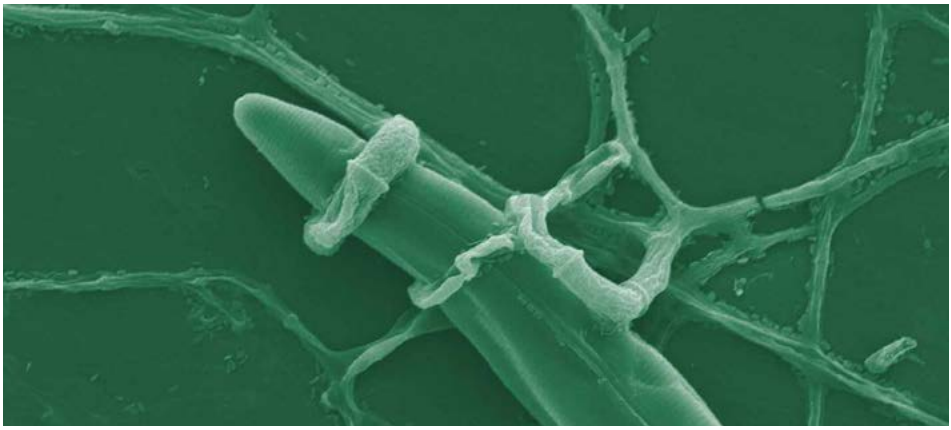
a 2:0 összetételtől, el lehet jutni a fordított arányú 0:2 összetételig is. Ehhez a talaj nagyobb szervesanyag-ellátottságára van szükség, azaz a növényi anyagok, maradékok, mulcsok minél nagyobb mennyiségű visszaforgatására. Ennek egyik előfeltétele a talajokban a főleg gombák által bontható nagy cellulóz tartalmú anyagok (szármaradványok, takarónövények) biztosítása, a területen, a talajon való megtartása.
A baktériumok a talajban elsősorban a könnyen felvehető, kis molekulasúlyú cukrokkal, szerves savakkal és fehérjékkel táplálkoznak. A szervesanyag lebontásnak ez a kezdeti folyamata. Ha ezek az anyagok elfogytak és a nagy molekulasúlyú, nehezen elbontható anyagok maradnak meg, azok hasznosítására már inkább a gombák képesek.

A gombáknak a talajban kétféle megoldása alakult ki a táplálékhoz jutás és a túlélésük érdekében.
Az egyik út, hogy:

- **cellulózlebontó enzimek** segítségével a nagy molekulákat fel tudják darabolni kisebb, már vízben oldható és a mikrobák vagy a növények számára is felvehető anyagokra,
- a másik megoldás, hogy
- **oxigén nélkül** (a talaj levegőzöttsége hiányában, (anaerob feltételek között)
- azok a gombák jönnek, amelyek erjesztéses, **fermentációs anyagcserére** is képesek.

Az erjesztéses folyamatokban nem szükséges a molekuláris oxigén jelenléte, azt ezek az **élesztőgombák** egyéb vegyületekből (pl. a nitrátból) is megszerzik. A természetes növénytársulások talajaiban így a fotoszintézist folytató (**fototróf**) szervezetek biztosítják a baktériumok, majd a gombák (élesztők és fonalas gombák) megélhetését. A folyamatban egyre inkább eljutunk a szinte kizárólag csak a gombák uralta körülményekhez (gondoljunk csak az erdei ökoszisztémák avartakarójára, ahol szinte csak ezek találhatók meg). A talajokban a mikroszkópikus gombák és a baktériumok mellett megjelennek azok a fonálféreg populációk is, melyek ezeket fogyasztva tudnak megélni. A fonálférgek (nematódák) azzal, hogy mikroszervezetekkel táplálkoznak, egyúttal a növényi tápelemeket is feltárják. Amikor egy **fonálféreg** 6 db baktériumot elfogyaszt, akkor a saját testébe a baktériumokból származó nitrogénből csak egyet épít be, miközben a számára felesleges 5 nitrogént kibocsátja a talajba. A növények számára ezt elérhetővé, felvehetővé teszi. A fonálférgek ezért a tápanyagkörforgalom lényeges elemét képezik. Többségük a talaj táplálékháló szervezeteket fogyasztva járul hozzá a növénytermesztés sikeréhez. A fonálférgek azonban, ahogy az a ***3. ábrán*** is látható, három táplálkozási szinthez is tartozhatnak, azaz fogyaszthatják saját fajtársaikat, de támadhatják a magasabb rendű és termesztett növényeinket is.
Hogy milyen fonálférgek találhatók a talajainkban, azt a szájszervük alapján lehet mikroszkóp segítségével meghatározni. A szájszerv alapján megkülönböztetünk:
1) baktérium-, 2) gomba-, 3) alga-fogyasztókat, illetve 4) mindenevő, 5) növényi nedvekkel táplálkozó és a 6) ragadozó típusú fonálférgeket is.

A ragadozók képesek saját fajtársuk fogyasztására is. A fonálférgeket az antagonista gombák is korlátozzák az egészséges talajban ***(2. kép)***. Könnyen belátható, hogy a 6-féle típus közül csak a növénykárosítók azok, amelyek gazdasági károkat okoznak, és fonálférgeket pusztító peszticidek (nematicidek) használatánál azok is áldozatul eshetnek, melyek jótékony hatásúak a növénytalaj-rendszerekben.



2. kép *A fonálférgeket korlátozni képes, biokontroll típusú hurokvető (Hyphomycetes) gomba, a Duddingtonia flagrans. (Forrás: https://www.duddingtonia.com/#first, a SZIE, biológiai talajerőgazdálkodó szakirányú továbbképzés oktatási anyagából).*

A harmadik szerveződési (trofikus) szintnél a fonálférgek mellett megkülönböztetjük még az egysejtű protozoákat is, amelyek szintén a baktériumok nagy tömegén képesek szaporodni és megélni. Ezek közé formában és mozgási képességükben is sokféle élőlény sorolható: az állábakkal mozogni képes amőbáktól, a csillókkal mozgóképes papucsállatokon át az ostoros véglényekig. Ezek a szervezetek is a baktériumok testének a feltárásával, így a talajban a vízben oldott, felvehető tápanyagok, tápelemek növelésével fejtik ki áldásos tevékenységüket. A talajoknak fizikai, kémiai és biológiai értelemben is kulcsszereplői a földigiliszták (Lumbricidae család), melyek a gyűrűsférgek (Annelidae) törzséhez tartozó fajokat jelentik a talajokban. A földigilisztáknak Európában 400, hazánkban ezek közül kb. 60 fajuk fordul elő. A giliszták élettere a talajban a felső 5 cm-től lefelé vertikális irányban terjedhet és elérheti akár az 1 m-es mélységeket is. Mivel ezek a bőrükön keresztül lélegeznek, ezért a laza, vályog-agyagos talajokat kedvelik leginkább.



A földigiliszták szerepe a talajokban igen sokrétű:

- Levegőztetik/lazítják a talajt
- Javítják a talaj víztartó képességét
- Növelik a növényi tápanyagok mennyiségét, a visszamaradt növényi maradványok bomlásnak indulnak
- Ásványi sókat szállítanak a gyökerekhez
- A talajrészecskéket összekeverik a szerves anyagokkal és ún. agyag-humusz komplexeket hoznak létre
- Finom morzsás, morzsalékos szerkezetet alakítanak ki, mivel általuk a mikrobiális "ragasztógyár" is jobban működik a talajban és így az aggregátum-stabilitás (az úgynevezett "morzsa-állékonyság") is javul.

A földigiliszták közvetlenül, de közvetve is hozzájárulhatnak a talajszerkezet- változáson és a kémiai folyamatokon keresztül a biológiai talajerő javuláshoz. A giliszták szerepét jelzi, hogy a konvencionális, intenzív mezőgazdasági gyakorlat hatására 1 m2 talajban átlagosan 10-16 giliszta található, addig az organikus művelésű talajokban akár 600 gilisztát is találhatunk. A szántás, talajforgatás során azonban jelentősen csökkenhet a számuk és legnagyobb mennyiségben pedig a forgatás nélküli (direktvetéses) és a mulcshagyó művelés során fordulnak elő. Ennek oka a takarónövények alkalmazása és a sok növényi maradványt hagyó művelési mód kialakítása, ami kedvező a giliszták tevékenységének. A különböző művelési módok hatását a ***3. táblázat*** mutatja be.
A földigiliszták megfigyeléséhez az adott terület több, különböző állapotú pontján érdemes egy-egy ásónyomnyi talajból számolást végezni. Ha legalább 5-6 gilisztát találunk egy ásónyomnyi talajban, akkor azt jónak mondhatjuk. A földigiliszták jelenléte arra utal, hogy a talaj tápanyagháló működik, a talaj önálló életereje által képes a növénytáplálást megvalósítani. Ha azonban ötnél kevesebb, vagy egyetlen gilisztát sem találunk, akkor az a talaj biológiailag erősen javításra szorul.

Művelési mód	Giliszták egyedszáma (db)	Giliszta járatok száma (2 mm-es)	Giliszták tömege (g/m2)
Direktvetés	99	367	2,6
Szántás	65	224	13,5
Tárcsázás	41	196	5,5
Lazítás + szántás	75	298	16,4

3. táblázat *A földigiliszták és járataik száma és az összes tömege 1 m2 talajt figyelembe véve (László, P., 2007 nyomán)*



5.3 A talajállapotot és működőképességet jelző tulajdonságok

5.3.1 A talajállapot felmérése biológiai szempontból

A talajok legfontosabb tulajdonsága a termékenység. A növénytermesztés legfontosabb célja a termés mind magasabb szintű fokozása. Jó és egészséges termést azonban csak egészséges talajtól várhatunk. Ennek megfelelően a termékenység mellett beszélhetünk még a következő, további talaj tulajdonságokról is:

- **talajegészség:** az a képessége a talajnak, hogy a patogén kór- és károkozó élőlények megjelenése gátolt, azaz a tevékenységük nem jelenik meg. Az ilyen talaj elnyomó, szupresszív tulajdonságú, szemben a fogékony, receptív talajokkal.
- **talajpuffer képesség:** az a tulajdonság, hogy számos környezetre káros behatást (pl. a szerves és szervetlen szennyező anyagokat, különféle sókat és savanyító műt rágyákat is a talaj semlegesíti, kivédi és az egyensúly ismét helyreáll).
- **talajregeneráló képesség** (reziliensz, az az időszak, amire egy adott talajnak szüksége van ahhoz, hogy egy környezeti károsító hatásra újra helyreálljon az eredeti egyensúly és működés. Ez a tulajdonság talajtól, a behatás típusától, hosszától, erősségétől függ.
- **talajkondíció, fittnesz és talajerő:** az a képesség és tulajdonság, hogy a talajban a hasznos élőlények teljes táplálékháló-rendszere jelen van és együttműködésük eredményeként a talaj az elvárható szolgáltatásokat nyújtja.

A talajok minőségét vizsgálni kell. Ennek számos hazai és nemzetközi módja, javasolt eljárása ismert. A talajvizsgálatok sorában leginkább a termékenység megnyilvánulására szoktak figyelemmel lenni, a talajnak arra a képességére, hogy mennyire tud tápanyagokat biztosítani a növények számára. A tápanyagokat a talajból elsősorban kémiai talajvizsgálati módszerekkel lehet megállapítani. Azt hogy a talajélőlények képessége, szerepe ebben hogyan nyilvánul meg, már kevésbé lehet mérhetővé tenni. Ha igen, akkor is gyakori, hogy a megállapított tulajdonság akár 1 hét leforgása alatt is megváltozhat. Ezen ok miatt a biológiai életerőt előzetesen veszik tájékoztató jelleggel figyelembe és azok nem, vagy csak közvetve segítik a tápanyag-szaktanácsadási rendszereket. A talaj teljes értékű vizsgálatánál komplex módon törekedni kell a biológiai talajerőt kimutató módszerekre is, ahogy azt a ***4. táblázat*** is jelzi.

Ha egy talajt a jelzett módszerekkel történő vizsgálat során megismerünk, akkor ezeket a talajtulajdonságokat táblázatba rendezve, eljuthatunk bizonyos értékszámokig is, melyek jelezhetik:

- az optimális, ideális állapotot (zöld színnel)
- a már vagy még nem megfelelő közepes állapotot (sárga színnel) és
- agyenge,igengyenge,vagytúlzottanrossz(piros)tulajdonságokat.

Az így létrejött részletes talaj-egészségvizsgálat alapján megállapítható az is, hogy hol van hiba vagy hiányosság, mi a teendő az adott talajjal akkor, ha annak a biológiai- ökológiai törvényszerűségek által meghatározott életerejét megőrizni, vagy visszahozni szeretnénk.

A **talajegészség kártya** néhány szükséges és alkalmazható vizsgálati javaslatánál kiemelt jelentőségűek a talajbiológiai tulajdonságok, úgy mint a:

- gyökérnövekedés (denzitás, mélységi, vertikális megoszlás)
- a potenciális kórokozókat távoltartani képes vaskelát (sziderofor)-képző baktériumok
- az antagonista képességgel rendelkező baktériumok, gombák
- mikorrhiza gombák kolonizációs tulajdonságai és P-mobilizáló képességük, az arbuszkulum-gazdagság vizsgálata
- gyökér-patogén kórokozók, a talaj ellenálló és fogékony tulajdonságai
- a talaj táplálékháló összetétele, megoszlása.

Talajok komplex vizsgálatánál használható tulajdonságok		
fizikai	***kémiai***	***biológiai***
Textúra, porozitás, szöveti szerkezet	Szervesanyag- tartalom	Növényi maradványok, gyökerek
Térfogatsúly	Szervesanyag- minőség	Hasznos/parazita nematódák
Makro/mezo/ mikro- porozitás	Potenciálisan ásványosítható nitrogén	Gomba-Baktérium arány (G:B)
Víztartó képesség	Foszfor, Kálium	Cellulóz-bontó képesség
Vízátersztő képesség	pH	Földigiliszták (drilloszféra)
Morzsaállékonyság, száraz aggregátum-stabilitás (<0.25; 0.25–2; 2–8 mm	Mezo- és mikroelemek, Mg, Ca, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Se, B	Mikrobiális légzés (CO_2- kibocsátás)
Nedves aggregátum-stabilitás (0.25–2; 2–8 mm)	Vezetőképesség	Gyökér-patogén veszélyeztetettség
Kötöttség (penetrométerrel)	Vezetőképesség	Fonalas, élesztő-gombák és szimbionta, mikorrhizák
Szín (nedves és száraz)	Nehézfémek, toxikus elemek	Tolerancia- és fittnesz- vizsgálatok

4. táblázat *A talajok teljesértékű vizsgálatára alkalmas néhány fizikai, kémiai és biológiai tulajdonság a növénytalaj rendszerben (forrás: Biró, B., 2019).*

5.3.2 A talajminőség és az egészséges talaj

A talajok biológiai tulajdonságai egy képzeletbeli háromszög csúcsát jelentik, amihez az alapokat a fizikai-kémiai talajállapotok adják. Ebből következik, hogyha a talaj minőségét, életerejét növelni akarjuk, akkor ahhoz a **megfelelő talajszerkezet** kialakításával lehet közelebb jutni. Ehhez pedig közvetve és közvetlenül is szerves anyagokra van szükség, amelyek biztosítják a szükséges tápanyagokat a talajélőlényeknek.
A **növényi gyökér** (rhizoszféra) ebben a rendszerben az elsődleges irányítást és a működőképességet adja.

A talajok feltételes megújulóképességének feltételei a következők:
- a terméssel elvitt szerves és ásványi anyagokat vissza kell pótolni,
- a feltáráshoz optimális mértékben szükség van a megfelelő talajnedvességre,
- oxigéndús (aerob) körülményeket kell kialakítani,
- a mezőgazdasági vegyszereket, peszticideket és az úgynevezett "mesterséges életidegen" anyagokat (xenobiotikumokat) kerülni kell,
- bolygatatlan, zavartalan talajélet tevékenység kell lehetőség szerint fenntartani.

Ezeknek a figyelembevétel az ***5. táblázat*** a talajminőség, talajegészség nem megfelelő működésének tüneteit foglalja össze.

Megállapítható, hogy a talajok fizikai tulajdonságai alapvetően meghatározzák azt, hogy milyen lesz a talajminőség és működés. A fizikai tulajdonságok közül a szemcseösszetételt kell alapvetően kiemelni, és a talajt ez alapján besorolni. A fizikai talajféleség behatárolja a talajok kémiai tulajdonságát is. A fizikai-kémiai tényezők pedig alapvető hatást gyakorolnak a talajbiológiai tulajdonságokra is.

Vizsgált talaj-növény tulajdonság	alacsony érték *(vészjelzés)*	közepes érték *(riasztási fokozat)*	jó érték *(elérhető optimum)*
Fizikai - kémiai tulajdonságok			
Szín, mélység és árnyalat (adott típuson belül)	kategórián belül halvány, sárgás árnyalat	sárgás-barnás szín, javuló színmélység	inkább sötét és feketés színű
Szerkezet és morzsa-lékosság, morzsaállé-konyság	kérges, göröngyös, hasábos, kevés morzsa, sok por	kérges, szemcsés, sok 10 mm-es morzsa	morzsalékony, 3- 10 mm-es morzsákra könnyen szétomlik
Kötöttség-mérési érté-kek mechanikusan	5 cm-es, vagy kisebb penetráció	5-20 cm-es penetrációs érték	20 cm-nél mélyebb penetráció a talajban
Vízátersztő képesség (0-20 cm-es réteg)	7 percnél több idő szükséges	3-5 perc hatóidő kell	kevesebb, mint 3 perc is elég
Talaj-pH, talajsavanyúság	5 körüli	5,5-6,5	6,5-7,5
Fedettség (mulcs vagy élő növények)	30-50% alatti takarás	50-75 %-os talaj- fedettség	a talajnak több mint 75%-a fedett
Biológiai tulajdonságok			
Gyökérfejlődés (0-20 cm mélységben)	hajszálgyökerek a felszín közelében	hajszálgyökerek az ásott rétegben	hajszálgyökerek az ásott réteg alatt is
Földigiliszták (db/m2)	0-3 db	4-6 db	több mint 6 db
egyéb talaj-állat típus	kevesebb, mint 2	2-5 féle	5-nél többféle
Fonálférgek (1 látótérben)	1-2 baktérium- evő	2-nél több növényevő	2-3 db és -féle jótékony szervezet
Baktérium: gomba arány	1:0 (élesztő-gombák)	1:1 (élesztő és fonalas)	1:2-3, több (főleg fonalas gomba)
Vas-kelát-képzők, szi-derofor-termelők	nincsenek vagy kevés	Sok, de kevés a gyökéren	gyökéren és nö-vény-belsőben is
Cellulóz-lebontók és antagonista gombák	nincsenek	kevés	sok ilyen van

+ számuk, típusuk szelektív táptalajokkal mutatható ki

5. táblázat *A talajok minőségét és a talajegészséget jelző tulajdonságok és azok mértékének megítélése színekkel is kiemelve (forrás Biró, B., saját összeállítás, egyszerűsített adatokkal)*

A talajok egészségéhez hozzátartozik azoknak a jótékony mikrobáknak a jelenléte is, amelyek az ökológiai gazdálkodási körülmények között nélkülözhetetlenek. Ezek a lények képesek a műtrágyákat kiváltani és a növényvédő-szerek felhasználása is egyes esetekben csökkenthető, alkalmazásuk egyes esetekben helyettesíthető..

A ***6. táblázat*** erre mutat példát és számba veszi azokat a jótékony hatású mikrolényeket, melyek az ökológiai rendszerekben biztosítani tudják a teljesértékű növénytáplálást.

A jótékony mikrolények típusa	- szerepük	- hatásuk
Nitrogénkötő baktériumok	Biológiailag adott N2, növénytáplálás	műtrágya kiváltás, fehérje növekedés, a pentozán hatás kezelése.
Foszforoldó, spórás baktériumok	A P-felvétel javulása, növénytáplálás	Műtrágya kiváltás, tápelemarány, növényi beltartalom javulás
Foszfor/mikroelem-felvétel mikorrhiza gombákkal	Növénytáplálás, növényvédelem, nyomelemek pótlása	Funkcionális éhezés ellen, biológiai növényvédelem
Vaskelát-(sziderofor)-termelő baktériumok	Vas-felvétel javulása	Talajeredetű kórokozók távoltartása
Antagonista aktino- baktériumok	Kórokozók távoltartása	Biocid hatás, élettér betöltése a talajerede tű kórokozók elől

6. táblázat: *A talajegészséghez nélkülözhetetlen néhány mikrobacsoport szerepe, hatásuk és a lehetséges kimutatásuk laboratóriumi módszerekkel (forrás: Biró, B., 2019).*

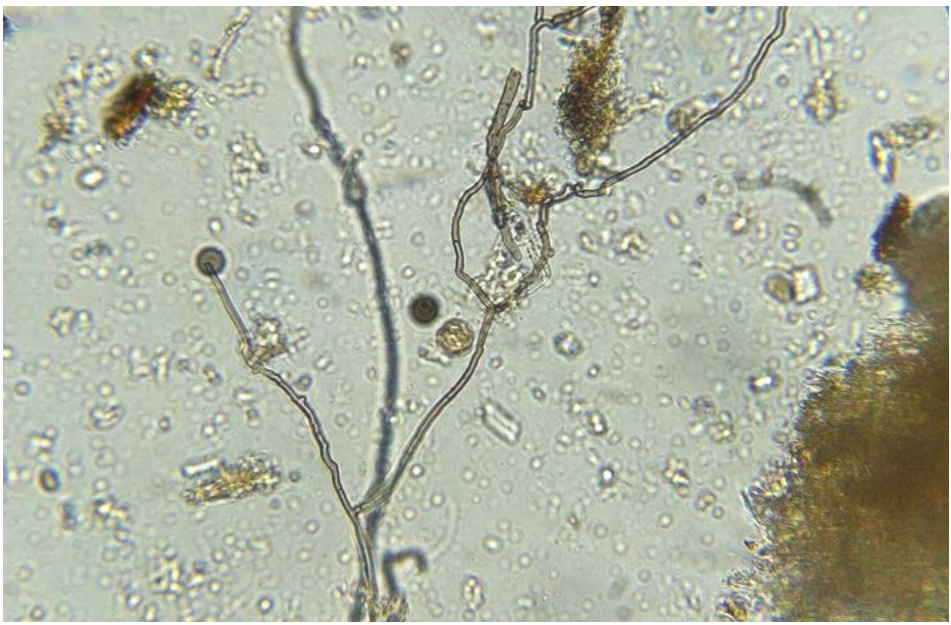




Egy szerkezetileg és a szerves humusz anyagokban is pusztult (degradált) talajban elsősorban csak a baktériumok fordulnak elő. Ebből az állapotból a továbblépést a gombáknak a feldúsulása, tömegüknek a gyarapodása jelenti. A bolygatásra ugyanakkor éppen a fonalas gombák a legérzékenyebbek. A rendszeresen bolygatott, szántott rendszerekben gombafonalakat, vagy fonal- hálózatokat csak ritkán lehet kimutatni. Ezzel szemben a nem, vagy kevésbé bolygatott, szerves anyagokban gazdag talajokban nagy mennyiségben fordulnak elő ***(3. kép)***.

A gombák szerepe igen sokrétű a talajokban:

- képesek lebontani a baktériumok által nehezebben hozzáférhető cellulóz-lignin növényi vázanyagokat, igy téve teljessé a tápelemek geokémiai körforgalmát,
- a talaj távolabbi pontjaira is elérő fonalaikkal tápanyagokat és vizet biztosítanak a növények számára és
- összekötik ezekkel a "cérnácskákkal" a talajmorzsákat is, hogy azok ellenálljanak a talaj szerkezetét romboló behatásoknak, és stabil „morzsa-állékonyság" jöhessen létre.



3. kép *Hasznos gombafonalak és gomba spórák a talajoldatban. A kisebb, áttetsző pöttyök a baktériumok (400X-os teljes nagyításban) (forrás: Biró, B., Baranyai, V., 2018).*

A gombák növelésének legbiztosabb módja, ha állandóan vannak növényi maradványok a talajban, amelyek bontásához a gombák hozzájárulhatnak.

5.4 A talajjavítás és a talajműködés hatékony módszerei

5.4.1 Bioeffektív talajjavítás és növényvédelem a talajtípus függvényében

Az előző fejezetek bemutatták, hogy a talajok biológiai állapotának növelése, egyúttal a talajok számos tulajdonságát is javítja. A biológiai tulajdonságok közül leginkább és leghamarabb a talajok mikrobiológiai állapotát lehet korrigálni. A korábbi gyakorlat szerint, amikor a talajok termékenységét állati trágyák beszántásával javították, egy menetben adták a talajhoz nagy mennyiségű szerves anyagokat és az azokat hasznosítani, bontani képes élőlényeket (organizmusokat) is.

Kérdés, hogy az állati trágyák csökkenésével vajon milyen eszközök jöhetnek szóba a talajerő és talajműködés megfelelő szintű növelésére?

- Felhasználhatók azok a szerves növényi maradványok, amelyek a termések mellett keletkeznek, illetve az állattenyésztés melléktermékei. Ezek minőségét különböző eljárásokkal változtathatjuk meg.
- A talajok fizikai féleségét hazai, természetes eredetű hazai ásványok bekeverésével lehet módosítani.
- A talajok rossz, illetve nem megfelelő mikrobiológiai állapotát a „termésnövelőkhöz" sorolt mikrobiológiai oltóanyagokkal lehet fokozni.
- Ha a növénytermesztés során a talaj kimerül, vagy a környezeti élő és élettelen (biotikus és abiotikus) stresszkörülmények rontják a növénytermesztés sikerét, akkor felhasználhatók a lombozatra az úgynevezett biostimulátorok és egyéb növényi kivonatok.

Ezeket a növénytermesztés eredményességét tovább javító eljárásokat összesített nevükön bioeffektív módszereknek nevezzük. A bioeffektorok azokat az iparilag előállított készítményeket jelölik, amelyek célja a növénytermesztés eredményességének a növelése úgy, hogy mindeközben a konvencionális gazdálkodás során alkalmazott műtrágyák és növényvédő szerek mennyisége is csökkenjen, vagy teljesen elhagyható legyen. Az ökológiai gazdálkodásban ezeknek a készítményeknek a felhasználása még inkább előnyt jelent és eredményesen segítheti a vegyszermentes megoldásokat. A mikrobiális összetevőket tartalmazó kereskedelmi termékek a konvencionális gazdálkodást is hasznosan segíthetik. ***7. táblázat***



Bioeffektor alkalmazások	Talajállapot, minőség	Növényállapot, egészség	Alkalmazott (mikro) szervezet állapota	Eredményes-ség, hatás
Hiányzó tápelemek pótlása	A létfontosságú 18 elem optimális jelenlétének biztosítása (C, H, N, O, P, K, Mg, S, Fe, Ca, B, Cu, Cl, Mo, Si, Mn, Zn, Na)			Talaj-növény egészség
Ásványi anya-gok, őrlemények (alginit, bentonit, zeolit, mészkő)	Kedvező a talajok fizikai-kémiai tulaj-donságaira (Oxigén és vízállapot)	A növény élettani folyamatai javulnak	A mikroba túlélés és aktivitás is jobb lesz. A talaj táplálékháló kibővül.	Porózusabb talajszerkezet, jobb élet- és stressztűrő képesség
(Gyógy) növény-kivonatok	Patogén-kontroll	Jobb kondíció, stressztűrés	Mikroelemek, biostimulánsok	Egészségesebb állomány
Huminsavak, humusz-anyagok, komposztkivonat	Azonnali, oldható tápanyagok	Felvehető, vízben oldott tápelemek	A talaj táplá-lék- hálóra igen kedvező ha-tású	Azonnal felvehető tápanyagok
Növényi, állati bioszén (biochar) és barnaszén-termékek	Szervetlen, szerves anyagok adszorpciója	Talajtól erősen függő hatások	A mikrobák túlélőképessé-ge javul)	Hő- és víz- háztartás javulása érhető el
Kondicionálók	tápelem hiány mikro és mezo szervezetekre	Jobb kondíció, stressztűrés	mikroba túlélés és aktivitás kedvező	Egészségesebb növényállomány



Bioeffektor alkalmazások	Talajállapot, minőség	Növényállapot, egészség	Alkalmazott (mikro) szervezet állapota	Eredményes-ség, hatás
Szerves trágyák, gilisztahumusz	szerves anya-gok jelenléte, talajszerkezet javul	tápanyag kedvező kondíció	A talaj táplálék-hálóra kedvező hatású	talajéletre kedvező hatás diverzitás nő
Komposztok, és komposzttea, ázalék	azonnal oldódó felvehető tápanyagok	vízben oldott tápelemek, növényi hatóanyagok	kedvező a mikroba élet tevékenységre	azonnal felvehető tápanyagok, növényegészség
Tőzeg	talajszerkezet	kedvező levegő és vízellátottság	kedvező a mikroba élet tevékenységre	talajszerkezet javulás

7. táblázat *A talajokban a talajbiológiai működőképességre kedvezően ható néhány abiotikus bioeffektív megoldás (forrás: Biró, B. összeállítás)*

A bioeffektív termékek közül a biostimulátor készítmények gyártása és forgalmazása a legerősebben növekvő iparág.

A *„biostimulátor olyan hatóanyagokat és/vagy mikroorganizmusokat tartalmazó készítmény, mely közvetlenül aktiválja és szabályozza a gyökér és gyökérzóna működését, valamint a hajtáson keresztül a növények anyagcsere folyamatait”.* Hatásukra erősödnek a növény természetes élettani folyamatai, javul a tápanyagfelvétel és a tápanyaghasznosítás, nő a környezeti stressztényezőkkel szembeni tűrőképesség, és ezáltal javulnak a termések beltartalmi értékei is.

A biostimulátorok kedvező hatásai ugyanakkor függetlenek az adott termékek tápanyag-tartalmától, mivel alkalmazásukkal nem a növénytáplálás az elérendő cél, hanem a növény élettani folyamatokba való tudatos beavatkozás. A biostimulátor termékekkel így a növények belső, saját biológiai folyamataira lehet hatást gyakorolni, a védekező és kivédő mechanizmusokat erősíteni és kivédeni a környezeti stressztényezők hatásait.

A biostimulátor termékek legfontosabb típusai:
- humuszanyagok és humusz kivonatok, 2) komplex szerves anyagok,
- jótékony hatású kémiai anyagok,
- egyes szervetlen sók,
- alga kivonatok,
- kitin és kitozán származékok,
- antitranszpiráns, azaz növényi vízvesztést, párolgást-csökkentő anyagok
- szabad aminosavak.

Az így kialakított jogszabályi kategóriákba azonban számos anyag, különböző összetételű termék, kiszerelési forma és különböző hatásmódok beletartozhatnak. Az eligazodás ezek között nem könnyű, és a felhasználásuk lehetőségei is sokféle.

Az alapanyagok sora is igen terjedelmes, és ehhez viszonyítva a különböző hatóanyagok száma jelenleg is bővül. Általánosságban elmondható, hogy az alapanyagok olyan szerves molekulák, vegyületek, amiket kiegészíthetnek még a szintén szerves kötésben lévő különböző mikroelemek, azok, melyek általában hiányban vannak, vagy a növénytermesztés során hiányba kerülnek a talajainkban. Az alapanyagok csoportjai a következők.

Szerves savak: Ebbe a csoportba tartoznak a különböző humuszanyagok, huminsavak, fulvósavak és a humusz kivonatok (extraktumok), amelyek a szerves trágyákból, komposztokból nyerhetők ki. Ide sorolhatók még az olaj- és zsírsavak, valamint a növényi gyökérrendszer által természetes körülmények között is kibocsátott egyéb szerves savak (például az oxálsav, vagy az almasav), illetve a növények vitaminjai is. Ezek az anyagok a talajba kerülve javítják a talaj szerkezetét, morzsalékosságát, gyors tápanyagot jelentenek a talaj élő szervezeteinek és így közvetve javítják a növény kondícióját. A szerves trágyákból készült komposzt kivonatokkal egy menetben mikrobiális talajoltás is történik, így a talajélet tevékenység is javul.

A nagy humin anyag tartalmú termékeknek és komposztkivonatoknak a felhasználása azokon a talajokon ajánlott, ahol szerves trágyázásra kevés lehetőség van. Igen gyakori felhasználást jelent a növény kezdeti gyökeresedésének az előmozdítása, például a hideg talajba történő tavaszi vetéseknél. Levélpermetként a humuszkivonatok növényi kórokozók ellen is használatosak. A komposzt kivonatokban található élőlények elfoglalják fizikailag is a támadó kórokozók elől az életteret és ezzel nyújthatnak védelmet, immunizálnak. A humuszanyagok bontása pedig az így, a levélzetre vitt mikroorganizmusok segítségével, még felvehető tápanyagokat is ad a növénynek. Egy menetben valósul meg a növénytáplálás és a növényvédelem.

Növényi és algakivonatok: A növényi kivonatok kedvező hatása azon az elven működik, hogy a kezelt növényhez hasonló összetételükkel azonnali segítséget tudnak adni. Egy környezeti stresszhelyzetben lévő növénynél jó hatásúak azok az anyagok, melyek szintén növényi eredetűek és így gyorsan tudnak plusz kiegészítő tápelemeket, hormonokat (pl. auxin, citokinin és giberellin-származékokat), vizet és további létfontosságú (esszenciális) tápelemeket is biztosítani.

A leggyakrabban ehhez a könnyen felszaporítható zöldalgákat alkalmazzák. Ezek lényegében kicsi növénykék, amelyek fotoszintetizáló szervezetek, ezért a felszaporításuk viszonylag olcsó, de a tengerekben, óceánokban is nagy tömegben előfordulva kitermelhetők. Az algasejtek szétroncsolt anyagai vagy kivonatai lehetnek a felhasználható termékek, melyekkel gyorsan lehet tápanyagokat, az éltető vizet és egyéb stimuláló szerves anyagokat a gazdanövényekhez juttatni. A felhasználás közvetlenül a levélen keresztül történik, a növény vitálisabb, zöldebb lesz és átvészeli a növekedését akadályozó időszakot (pl. a nyári szárazságot és extrém magas hőmérsékleteket).



Az algák eredete szerint ezek az anyagok összetételükben változatosak lehetnek, de az előállítás módja is befolyásolja mind a felhasználást, mind a várható hatást. A tengeri alga (Ecklonia maxima) kivonata például természetes auxin és gibberellin forrást, továbbá oldott állapotú és könnyen felvehető táp-mikroelem-kiegészítést is jelent egy lépésben, ami a növénynövekedésre rögtön jelentkező kedvező, védő hatást biztosít. Az ilyen, növényi alapú, növényi kivonatokat tartalmazó termékeket bioaktivátoroknak is nevezik. Nagyüzemi körülmények között az algák roncsolt tömege az úgynevezett bioplazmák használatosak.

Kiskerti körülmények között is előállíthatók biostimulátor hatású anyagok. Ilyen például a csalánlé oldat, ami a növényi tápanyagok és hormonhatású anyagok mellett a benne található szilicium kristályok mikroszemcséivel tud kifejteni növényvédő hatást is, mindezek mellett az egyidőben történő víz pótlása is fontos lehet. A növényi hajtásokra történő permetezés növelheti a termések beltartalmi értékeit, pl. kedvező hatású a paradicsom sav-cukor arányára, ízletességére.

Mikrobiális oltások: Az oltásra felhasználható, jótékony hatású mikroorganizmusok azok a szervezetek, melyek: a) a növénytáplálásban vagy b) a növényvédelemben, illetve ezen túl a jelenleg is kutatott és fejlesztés alatt levő hatásban c) a talajszerkezet javításban tudnak a növénynövekedésre kedvező befolyást gyakorolni. A leggyakrabban oltóanyagként felhasznált mikroorganizmusok:

- a biológiai nitrogén-kötésre képes baktériumok,
- a nehezen feltáródó foszfor oldására, mobilizálására képes baktériumok és gombák
- a szerves anyagok lebontását végző aktinobaktériumok
- a biokontroll tulajdonságú baktériumok és fonalas gombák.



5. A TALAJOKTÓL ELVÁRHATÓ MŰKÖDŐKÉPESSÉG

A többféle jótékony mikroorganizmus ereje a talajokban összeadódhat, egyfajta pozitív szinergizmus jöhet létre. Vizsgálatok szerint többszörösen hasznos az együttes jelenléte a foszfor-mobilizáló mikorrhiza gombáknak, a nitrogén-kötő Azospirillum baktériumoknak és a szerves anyagokat bontó egyéb rhizoszféra- baktériumoknak.

A jelenleg forgalomban levő „termésnövelőkhöz" sorolt mikrobás készítményeket leggyakrabban a vetés során juttatják a magvak közelébe, hogy annak csírázásával a növényke közvetlenül és közvetve is rögtön tápanyagokhoz és vízhez juthasson. Ha pedig a gyökérrendszer fejlett, akkor a növény önmagát is jobban el tudja látni tápanyagokkal, mivel a fotoszintetizáló zöldfelület is nagyobb lesz. Ez pedig aztán szintén visszahat a gyökérrendszerben élő mikrobák növény általi jobb táplálására.

Az így kialakult „rhizoszféra effektus" hatására a növény közelében 5-10-szer vagy akár 100-szor is több mikroorganizmus lesz jelen. A növényi gyökeresedésre kifejtett pozitív hatásokat mutatja be a ***4. kép***.



4. kép *A rizoszféra:növények gyökerét körülvevő talajkörzet.*
A gyökérzónában a talaj mikroszervezeteinek száma nagyobb, mint a távolabbi talajrészekben, mert a gyökér egyes váladékanyagai a talajbaktériumok számára kedvező feltételeket teremtenek; a mikroszervezetek anyagcsere-termékei pedig hatással vannak a növényre.

A bioeffektív hatás kialakulhat úgy is, hogy bizonyos élő, de nem kórokozó mikroorganizmusokat mintegy élő immunitás céljából permeteznek a növényi levelek, hajtások felületére. Az élesztőgombák például ilyen élő organizmusok. A gázcserenyílások környékét elfoglalva fizikailag is akadályozzák az azon keresztül támadó kórokozó gombák megtelepedését, de a növény is ellenanyagokat állíthat elő, felkészülve előre a tényleges kórokozók támadására.

Egyéb stimuláló anyagok: Ebbe a csoportba tartoznak a legkülönbözőbb hatással rendelkező egyéb kémiai anyagok. Főleg a fehérjék, illetve azok aminosav alkotói, vagy a különböző anyagcsere-folyamatokban aktív enzimek lényegi (esszenciális) mikroelemei tartoznak ide, mint például a szelén (Se), a cink (Zn), a mangán (Mn), a molibdén (Mo), a bór (B) vagy a vas (Fe). A mikroelemeket olyan formában alkalmazzák, melyek a növényi levélen keresztül is könnyen felszívódhatnak.

Alkalmazásuknál célirányos módon valósítható meg a termelt növényhez igazítás, a pillangósoknál például ismert a nagyobb bór- (B) és molibdén- (Mo) igény. A cink (Zn) kiegészítésre ezzel szemben szinte minden növény kedvezően reagál, az ismert foszfor:-cink ion-antagonizmus miatt.

A stimuláló anyagok körében felhasználható a hazai alginit ásványi trágya is, ami akár 60 féle (makro-, mezo- és mikro-) elemet, köztük ritka földfémeket is tartalmazhat.



5. kép *Tengeri algával a vegetációs időszak során 3 alkalommal levélkezelt paradicsomtő vitálisabb, és elnyújtottabb éréssel jelentkezett. A kezeléssel a termés is ízletesebb lett (fotó Biró, B., Biofector projekt eredménye).*



A mikrobiális oltóanyagok alkalmazásánál figyelembe veszik, hogy azok a növényeknek az élő kórokozó és kártevő (biotikus) szervezetekkel szembeni védekezőképességére is kedvező hatással legyenek, de célul tűzhető ki az élettelen (abiotikus) stresszel szembeni kedvező hatás is. Egy jobb kondícióban lévő növény természetes módon képes ellenállni a különböző környezeti stresszhatásoknak. Az algakivonattal és/vagy a csalánlével történő kezelésnél így például el lehet érni egy jobb, zöldebb, növényállapotot, ami a nagy szárazság és extrém hőmérsékleti körülmények között védő hatású ***(5. kép)***. Az ilyen biológiai kezelésekkel a termések minősége, élvezeti értékei is javulnak.

5.5 A talajegészség és az emberi-, környezeti egészség közötti összefüggések

5.5.1 Egészségünk alapja az egészséges talaj

A baktérium-trágyák felhasználása rohamos mértékben nőtt az utóbbi években. A talajok termékenységéhez és a jó talajállapothoz hozzátartozik a talajtáperő folyamatos figyelemmel kísérése, csökkenés esetén a folyamatos utánpótlása is. A talaj nem egy végtelen és kimeríthetetlen rendszer, hanem olyan „feltételesen megújuló energiaforrás", amely szerint a növénytermesztés során lekerült, elvitt szerves anyagokat pótolni szükséges. Csak a szerves anyagokban gazdag talajnál érhető el a kiegészítésként adott mikrobiális oltóanyagok elvárt kedvező hatása is.

A termésnövelőkhöz sorolt, szelektált mikroorganizmusokat tartalmazó bioeffektív kereskedelmi termékek közvetlen vagy közvetett módon is kedvező hatással lehetnek a növénynövekedésre.



A mikrobiális oltóanyagokat közismert nevükön baktériumtrágyáknak is hívjuk. Ezek azonban a szó szoros értelmében **nem trágyák**, mivel nem az élőlények elpusztult test-tömegének a trágyaként, azaz lebontott ásványi elemeként való hasznosítása történik az alkalmazásukkal. A bevitt mikroorganizmusok aktív és hatékony élettevékenységeként azonban képesek a műtrágyák által bevitt tápelemek, így a nitrogén, a foszfor és a kálium (N, P, K) pótlására, azaz felvehetővé tételére. Olyan élőlényeket, leginkább baktériumokat (és gombákat) alkalmaznak a mikrobiális oltások során, amelyek képesek a talajokban az élettevékenységük révén a növénytápláláshoz számos módon pozitívan hozzájárulni.

5.5.2 A paradicsom biológiai növényvédelme – esettanulmány

A baktériumtrágyáknak a növényvédelemre kifejtett hatásait a Szent István Egyetem, Soroksári tangazdaságának Ökológiai Ágazatában vizsgáltuk. Ennek során különböző bioeffektor (BE) kereskedelmi forgalomban lévő oltóanyagot használtunk fel, ezeket és a kiadagolás adatait a ***8. táblázat*** mutatja be.

A kísérlet talaja, gyengén humuszos homoktalaj (humusztartalom, H=1,46%, pH(H_2O)=7.3; P_2O_5:769 mg/kg, NO_2+NO_3-N: 7,55-; K_2O: 221 mg/kg). A kisérlet során kizárólag ásványi és ökológiai termesztésben is használható szerves trágyák adtak a pradicsom növényeknek: Viano Mixprof, aminek az N:P:K-ra vonatkoztatott tápanyagszintje, 9:3:3 volt (59 kg N/ha értékkel), kiadagolási mennyisége 660 kg/ha mennyiségben történt, azaz 1 tő paradicsom növény alá 29g került a kiültetéskor.



Bioeffektor	Aktív mikroba-törzs	Alkalmazás, dózis (növényenként)	
		Keléskor	Kiültetéskor
Trianum-P (Koppert)	*Trichoderma harzianum* T 22 (1x109spóra/g), kiadva: (7.5x107 spóra/g)	0.03g feloldva 20 ml vízben	0.375g feloldva 250 ml vízben
Proradix® (Sourcon padena)	*Pseudomonas* sp. DSMZ 13134 (6.6x1010/g1) kiadva: 2.0x106/g	0.004g oldva 20ml vízben	0.05g oldva 250ml vízben
RhizoVital® FZB42 (ABiTEP)	*Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 (2.5x1010spóra/g) kiadva: 2.0x106spóra/g.	0.008ml oldva 20ml vízben	0.1ml oldva 250ml vízben
TDM (hazai termék)	*Trichoderma sp.,* és *Azospirillum* N2- kötő baktérium-keverék	0.05ml oldva 20ml vízben	0.625ml oldva 250ml vízben

8. táblázat *Az alkalmazott bioeffektor kereskedelmi termékek és a kiadott dózisok*

A bioeffektor kezelések elvárt hatásai szerint

- a ***Trichoderma harzianum*** biokontroll képességű antagonista gomba, mely a talajeredetű károsító, patogén gombákat tartja távol a talajban.
- A ***Pseudomonas*** baktériumok vaskelát (sziderofor) anyagokat választanak ki, ezzel a vasat begyűjtik a talajból, és lehetetlenné teszik a talajban előforduló potenciális kórokozó gombák szaporodását, ezáltal azok növényi fertőzését is.
- A ***Bacillus amylolyquefaciens*** a talajban a nehezen feltárható foszfor mobilizálására és oldására képes, így a növények könnyebben fel tudják venni oldható formában. A magyar kombinált oltóanyag, az MTD szintén Trichoderma biokontroll gombát és hozzá még Azospirillum biológiai N2-kötő baktériumot is tartalmazott.

A kísérletekkel elsődleges cél a növényvédőszerek (elsősorban a gombaölő fungicidek) felhasználásának a csökkentése volt. A csak vizet kapó kontrol mellett növényenként, 5-5 ml vízben elkevert oltóanyagokat használtak fel a gyártók által javasolt dózisban: Az oltás a paradicsom magvak kelésekor és/vagy a kiültetéskor történt a palánták kezelésével.

A paradicsom termésének a mennyiségi és minőségi (ép, beteg) vizsgálatai mellett a bogyók zúzalékának a minőségi vizsgálataira is sor került. A növények fitoftóra gombás fertőzését a vegetációs időszakban kétszer alkalmazott Cuproxat WF 350 g/l tribázikus rézszulfát oldatos kezelés tartotta kontroll alatt. Az ökológiai termesztésben is felhasználható réztartalmú szereket a ***9. táblázat*** mutatja be.

Készítmény neve	Hatóanyag	Réz (Cu) g/kg	Felhasznált mennyiség (1 kezelés)	Összes fémréz/ kezelés (g/ha)	Paradicsom és betegsége
Bordói Mix DG	20% rez (bazikus réz(II)szulfat)	200 g/kg	4-5kg/ha	800-1000	gombás betegségek, fitoftóra
Champion 2FL	K36% rézhidroxid	248 g/kg	2-3l/ha	654-844	baktériumos betegségek, paradicsom-vész
Champion WG	77% rézhidroxid	500g/kg	2-kg/ha	1000-1500	baktériumos betegségek, paradicsom-vész
Copernico Hibio	423,7 g/kg rézhidroxid	250 g/kg	2-2.4 kg/ha	500-700	baktériumos betegségek, paradicsom-vész
Cuprosan 50 WP	50% réz (réz-hidroxiklorid)	500 g/kg	2-3kg/ha	1000-1500	baktériumos betegségek, fitoftóra
Cuproxat FW	350g/l tribázikus rézszulfát	190g/l	3-4l/ha	570-760	baktériumos betegségek, fitoftóra
Rézoxiklorid	50 % réz (rézoxiklorid	500g/kg	2-2.3kg/ha	1000-1150	baktériumos betegségek, fitoftóra

9. táblázat *A paradicsom betegségei ellen az ökológiai gazdálkodásban is alkalmazható réztartalmú készítmények listája (Forrás: NÉBIH)*

Az ép, egészséges terméseket vizsgálva a hazai (MTD) és a német (BE-1) Trihoderma törzseket is tartalmazó kezelések hatására statisztikailag igazolt termésnövekedés nem következett be, bár a kiültetés előtt a palántákon már a bioeffektív kezelések jótékony, növekedésserkentő hatása érzékelhető volt ***(6. kép)***. A fertőzött termések mennyisége azonban szignifikánsan csökkent mindkét fungicid hatású terméknél. A nem kezelt tövek-nél tapasztalt 6 fertőzött/tő értékhez viszonyítva a biokontroll hatású, Trichoderma gomba oltóanyagot is tartalmazó kezelésekkel ez 4 termés/tő értékre csökkent.

A kísérletben alkalmazott kezelés 190 g/l fémrezet tartalmazott. Hektárra vetítve egy kezelés a paradicsom kultúrában 760 g rézbevitelt jelentett a kijuttatott 4 l/ha dózissal. Az alkalmazott Trichoderma törzsek hatására megállapítható, hogy a talaj rézterhelése csökkenthető volt, a szokásos kezelésszám fele is elegendőnek bizonyult.

A vegetációs időszakban két alkalommal 1520 g/ha réz került kiadásra a gyakran szükséges öt kezelés 3800 g/ha helyett. Az ökológiai gazdálkodás (rendelet 834/2008 EC) szabályozza az 1 ha-ra kiadható éves rézterhelést, ami a bioeffektor termékek együttes felhasználásával nem érte el, jóval alatta maradt az engedélyezett határértéknek.



6. kép *Növénynövekedés-serkentő Pseudomonas baktériumot tartalmazó (BE-2) Biofektor baktérium-trágyával a magcsírázást követően kezelt (jobb oldalon) és kezeletlen (bal oldalon) palánták a kiültetés előtt (Fotó: Szalai, Z.)*

Az eddigiekből következik, hogy a talajállapot előzetes és folyamatos fizikai-kémiai és a biológiai tulajdonságainak is az együttes és komplex vizsgálatára van szükség, ahhoz, hogy a hiányzó elemeket ismerve kedvező talajállapotot alakíthassunk ki és szükség esetén be lehessen avatkozni. Törekedni kell a talajállapot, talajminőség optimalizálására. Az ökológiai szemlélet és a vizsgálatok eredményeképpen a teljes talaj-táplálékháló kialakítása és ezt követően a hatékony bioeffektív kezelések megvalósítása lehet csak az elérendő és jól alátámasztott alkalmazás.







6. Idézett és további javasolt irodalmi hivatkozások:

[1] Biró, B. (2015): Baktériumtrágyázás. Jó úton haladunk?
Fontos kérdésekre keressük a választ. Agro Napló, 9: 55-56.
https://issuu.com/agronaplo/docs/agro_naplo_2015_szeptember

[2] Biró, B. (2018): A talajélet felismerése, mikor van szükség beavatkozásra?
Talajegyetem gyakorló gazdáknak, avagy hogyan ismerjük meg a talajainkat?
Talajbiológia I. Agro Napló, 6: 32-35.
https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2018/06/szantofold/talajegyetem-gyakorlo-gazdaknak-avagy-hogyan-ismerjuk-meg-a-talajainkat

[3] Biró, B., Szalai, M.Z. (2017): A fungicd-felhasználás csökkentése bioeffektor oltással ökológiai termesztésű paradicsomon. Biokultúra, 6. szám.
https://www.biokontroll.hu/fungicid-felhasznalas-csokkentese-bioeffektor-oltassal-okologiai-termesztesu-paradicsomon/

[4] Biró, B., Baranyai, V. (2018): Talajegészséget jelző talajbiológiai tulajdonságok.
Mezőhír, 11: 42-44.
https://issuu.com/horizontmedia/docs/mez_h_r_-_2018._november

[5] Biró, B. (2019): Alternatív megoldások - termésnövelők, mikrobiológiai készítmények és növény-kondicionálók.
6.1. Termésnövelő baktériumkészítmények.
In: Terbe, I., Ombódi, A. (szerk.). Zöldségfélék trágyázása és öntözése.
Szaktudás Kiadó Ház Zrt., pp. 170-178.

[6] Csizmadia, K. et al. (szerk.) (2016): A földigiliszták.
Tanári kézikönyv. Rogers Alapítvány
http://www.rogersalapitvany.hu/phocadownload/ELENA_modulok/A%20foldigilisztak2016 _hu.pdf

[7] Godó, Z. (2011): Agro-ökológia. jegyzet. Digitális tankönyvtár. https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Agro-okologia/adatok.html

[8] Hargitai, L. (1983): Talajok környezetvédelmi kapacitásának meghatározása humuszállapotuk alapján. Agrokémia és Talajtan. 32(3-4): 360–364.

[9] Haygarth, P.M.; Ritz, L. (2009): The future of soils and land use in the UK: Soil systems for the provision of land-based ecosystem services. Land Use Policy, S 187-197.

[10] Kátai, J. (szerk.) (2011): Talajtan, Talajökológia, Debreceni Egyetem, Ny-Magyarországi egyetem, Pannon egyetem. Digitális tankönyvtár, https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_adaptalt_01_Talajok ologia/adatok.html

[11] László, P. (2007): A direktvetéses és bakhátas gazdálkodási rendszerek hatása a talaj fizikai és biológiai állapotára. Doktori (PhD) értekezés és tézisei. Szent István egyetem, pp. 111.

[12] Pénzesné Kónya, E. (2013): Ökológia jegyzet. Eszterházy K. Főiskola, Digitális tankönyvtár. https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011- 0038_04_penzesne_hu/ch01.html

[13] Várallyay, Gy. (2002): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. MTA TAKI, pp. 167.

[14] Várallyay, Gy. (2016): A talaj multifunkcionalitása és korlátozó tényezői. Magyar Tudomány, 177(10): 1162-1174.



Ajánlott irodalom

Könyvek:

[1] Ábrahám Lajos: A szervestrágyák kezelése és felhasználása (Mezőgazdasági Könyvkiadó Budapest, 1980)

[2] Alexa László: Komposzt kalauz (Magyar Biokultúra Szövetség Budapest)

[3] Aranyi Nikolett, Sztahura Erzsébet: Zöldtrágyázás (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, Budapest, 2018)

[4] Günter Kahnt: Zöldtrágyázás (Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 1986)

[5] Iszályné dr. Tóth Judit (szerk.): Tartamkísérletek a mezőgazdaság szolgálatában 80 éves a Westsik Vetésforgó (Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Kutatási és Innovációs Központ Nyíregyháza, 2009)

[6] Kocsis István: Komposztálás (Szaktudás Kiadó Budapest)

[7] Köhler Mihály: Tanácskozás és talajjavítási bemutató a meszes altalaj felhasználásával Gyomán (Endrődi Tájház és Helytörténeti Gyűjtemény Gyomaendrőd)

[8] László Péter: Helyes talajvédelmi gyakorlat (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, Budapest, 2019)

[9] Radics László (szerk.): Ökológiai gazdálkodás dióhéjban (Agroinform Kiadó Budapest)

[10] Radics László (szerk.): Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztéstan (Agroinform Kiadó Budapest)

[11] Radics László (szerk.): Ökológiai Gazdálkodás (Dinasztia Kiadó Budapest)

[12] Roszík Péter: Az ökológiai gazdálkodás Alap-feltételrendszere (Biokontroll Hungária Nonprofit Kft Budapest)

[13] Roszík Péter: Az ökológiai gazdálkodásról gazdáknak, közérthetően
(Biokontroll Hungária Nonprofit Kft. Budapest)

[14] Sárközy Péter, Seléndy Szabolcs (szerk.): Biogazda 1.
(Biokultúra Egyesület Budapest, 1993)

[15] Sárközy Péter, Seléndy Szabolcs (szerk.): Biogazda 2.
(Biokultúra Egyesület Budapest, 1994)

[16] Stefanovits Pál, Filep György, Füleky György: Talajtan
(Mezőgazda Lap és Könyvkiadó, Budapest 2010)

[17] Solti Gábor: Talajjavítás és tápanyag-utánpótlás
az ökológiai gazdálkodásban (Mezőgazda Kiadó, Budapest)

[18] Solti Gábor: Kőzetek és ásványok az ökológiai talajjavításban
(Sárközy Péter Alapítvány a Biokultúráért Piliscsaba)

[19] Szabó István Mihály: Az általános talajtan biológiai alapjai
(Mezőgazdasági Kiadó Budapest)

Folyóiratok:

Biokultúra újság (Biokultúra Egyesület Budapest, Magyar Biokultúra Szövetség
Budapest, Biokontroll Hungária Nonprofit Kft Budapest)

Olvasóink figyelmébe ajánljuk kiadványunk első részét.
A **TALAJTAN BIOGAZDÁLKODÓKNAK I.** fókuszában:
Tápanyag-gazdálkodás és talajművelés

Felelős kiadó: Győrffy Balázs elnök, Nemzeti Agrárgazdasági Kamara
Szerző: Dr. Biró Borbála (biro.borbala@kertk.szie.hu)
Lektorok: Dr. Roszik Péter, Sztahura Erzsébet
Olvasószerkesztő: Pécsek Imre
Kreatív vezető, kiadvány - és borítóterv: Nagy-Tószegi Bálint
Grafikai tervező, tördelő: Nizák Júlia
Kiadja: © Nemzeti Agrárgazdasági Kamara – minden jog fenntartva
Kiadás: 2020.

ISSN: 2630-9882
ISBN: 978-615-5307-60-7

NEMZETI
AGRÁRGAZDASÁGI
KAMARA

1115 Budapest, Bartók Béla út 105-113.
Telefon: +36 80 900 365
ugyfelszolgalat@nak.hu
www.nak.hu

