

Alap a talaj- ...fizika vagy a kémia?

Ásványi anyagokkal az irányított talajbiológiai tulajdonságok és a talajegészség érdekében

A talajok biológiai életerejét és egészségét is alapvetően meghatározza azok **ásványi** összetétele. Az ásványi szemcsék típusai, mennyiségük és arányaik a talajfizikai tulajdonságokon keresztül fejtik ki hatásaikat. Ezeket egy adott talajra stabilan jellemzőnek és nem, vagy csak **alig változtatható** tulajdonságnak gondolunk. Az ásványi összetétel az a „szilárd” alap, ami a kémiai jellemzőket is kialakítja, biztosítva a növénytáplálás eredményességét is. A talajbiológiai tulajdonságoknál a „tyúk vagy a tojás volt-e előbb” kérdésbe ütközünk. Kérdés, hogy a talajélet szereplői oda- és visszahatásként képesek-e hatni az elvárt növény-növekedésre? Lehetséges-e a talajok ásványi összetételének **megváltoztatásával** közvetlen és közvetett módon a talajok élet-tevékenységét, életerejét **javítani**?



A növényegészséget meghatározó talajegészség

Örök kérdés, hogy hogyan védhetjük meg természetes növényeink egészségét? Mindeközben a talajok alap-állapotát, vagyis a fizikai-kémiai- és a biológiai tulajdonságait sem tartjuk ebben alapvető fontosságúnak, pedig minden a talajnál kezdődik, azaz „Alap a talaj”, a jól ismert mondást idézve. Számos esetben a növényi egészséget is a „talajeredetű kórokozók” veszélyeztetik. Ha egy talaj ezeket nem tudja „kontrollálni”, kivédeni, akkor nem beszélhetünk egészséges talajról, még akkor sem, ha a tápanyagok felvehetősége nem akadályozná a jobb termékenységet. A talaj egészségi állapota és a termékenysége nem teljesen azonos kategóriák. Mindkettőnél igaz azonban, hogy értéküket a talajbio-

lógiai összetétel határozza meg. Jelenlegi ismereteink szerint azonban leginkább csak néhány mikroorganizmus-csoportra vannak adataink és kevésbé figyelünk az élelmiszer-minőséget és -biztonságot garantálni tudó mikroorganizmusokra.

Általánosan elfogadott tévhit, hogy minél több a parányi lény egy adott talajban, annak minősége és termékenysége is arányosan jobb lesz. Az is igaz, hogy ha előzetesen szelektált jótékony mikrobákkal „töltjük fel” a talajt, akkor a többi kár- vagy kórokozó már kisebb esélye lesz:

- nem marad betölthető élőhely (niche) számukra, vagy
- nem jutnak hozzá a megfelelő életüket lehetővé tevő anyagokhoz (pl. létfontosságú, esszenciális mikroelemekhez).

A mennyiségi talajbiológiai szemlélet mellett ezért figyelni érdemes a mikrobiális összetétel minőségi alakulására is. A mikrobák számos fajtája között a növénytermesztést pozitívan befolyásolni képes, kiemelt jelentőségükre fókuszálva lehet elérni a megfelelő talaj- és a növény-egészségi tulajdonságokat. Ezt figyelve beszélhetünk:

- optimális biológiai összetételt mutató és a talajeredetű növény-betegségeket is kivédő jó immunrendszerű (szuppresszív) talajokról,
- és gyenge állapotú, erőtlően betegségekre fogékony, immun-gyenge (receptív) talajokról.

■ **A jó immunrendszerhez, a talajeredetű kórokozókval szemben ellenálló mikro-organizmusokra van szükség. Ezek gyors szaporodási képességgel, a környezeti hatásokat kivédő toleranciával és megfelelő antagonist tulajdonságokkal rendelkeznek. A kórokozókat megállítják (biostop hatásként), vagy képesek akár elpusztítani is ölü (biocid) anyagok, antibiotikumok, enzimek kiválasztásával.**

De hogyan tudják a talajásványok ezeket az alapvető tulajdonságokat befolyásolni? Számos tanulmány ismert arra nézve, hogy az élő-helyet az ásványi anyagok nagy felületi tulajdonságaikkal biztosíthatják. Minél nagyobb az 1 g mennyiségre jutó felület, annál több baktériumnak biztosít megfelelő tapadásbiztos életfeltételt az adott ásvány. Ilyen szempontból kiemelt jelentőségük az agyagásványok és az ásványokhoz kapcsolódó szerves anyagok, mert ezekben a kombinált „organo-minerális” komplexekben egyszerre megtalálják az adott mikroba a túlélési képességet (lakhatást) és a táplálékot (bontható

szerves anyagokat) is. Az egyenlítő környékén felfedezett igen termékeny talaj, a „terra preta” jó tulajdonságaihoz hozzátartozik például, hogy a nagy széntartalmú talaj 1 grammjának felülete elérheti az 5000 m²-t is, ezzel biztosítva a mikrobiális élet-lehetőségeket.

Az immun-erős talaj mikrobiális tulajdonságai

Ahhoz, hogy megállapíthassuk a talajnak a „kivédő”, a potenciális kórokozókat távoltartó képességét a következő vizsgálatokra van szükség:

- a kórokozók szaporodását és/vagy a terjedését megállítani tudó baktériumok, például a **sziderofor-vas-kelát-termelő *Pseudomonas*** mennyisége és termelő-képessége, különösen a *Ps. putida* és a *Ps. fluorescens* fajokra figyelve,
- az antagonista képességgel rendelkező **sugárgombák** (Actinobaktériumok) jelenléte és aktivitása. Mikroszkópos megfigyeléssel is kimutathatók, hiszen „fonalaik” szabályosak és vékonyabbak (1 mikronos átmérőjűek) a kórokozó gombákénál (egyenetlen és 5 mikronnál nagyobb fonalakkal),
- az ellenlábas mikroszkópikus **jótékony talajgombák** (pl. *Trichoderma* sp.) előfordulását a talaj-növény rendszerekben. Ezek is kimutathatók szelektív táplémezsek segítségével és az antagonista képesség is megállapítható biodetekálási labor-módszerekkel.

Az 1. táblázat a növényi egészségnek a talaj fizikai-kémiai és biológiai tulajdonságai szerint alakuló főbb összetevőit foglalja össze. A talajok alapvető ásványi összetétele meghatározó ebben a folyamatban. A humusok-iszap-agyag-részecskék arányából indul ki a talajok

1.táblázat: A talajok fizikai-kémiai és biológiai tulajdonságaitól függő növényi életerő

Növény-egészség indikátorok	Befolyásoló talaj-tulajdonságok		
	Fizikai-	Kémiai-	Biológiai-
Fotoszintetikus aktivitás, növekedés, növényi erő	Talaj-összetétel, degradációs- és víz-állapot	NPK és az elemek felvehetősége	Szimbiozisos, biológiai N-kötők, P-oldók, talaj-táplálékháló
Tápanyag-szint, N-P-K, mezo- és mikro-elemek felvehetősége	Talaj ásványi összetétele, porozitás, a szerkezetesség alakulása	Szerves anyagok, pH, elektromos vezető-képesség, redox potenciál	Mikrobiota diverzitás; AM gombák, a szimbiozisosokra figyelés
Kór- és károkozók, patogének, szuppresszívítás	Talajszerkezet, struktúra, víz-oxigén-arányok, nedvesség, agyagtartalom	NPK, humusz, vezető-képesség	Cyrsan szaporodó és antagonista képességű mikrobák biocid anyagokkal
Stressz-kontroll, kivédő-képesség	Vízáteresztő-képesség, talajszerkezet, makro-pórusok alakulása	Talaj-szén-tartalom, raktár; pH, talaj alap-tápanyag-készlet	Szimbionták, endofiták kedvező növény-mikroba kölcsönhatás
Szennyezők, toxikus anyagok, peszticidek jelenléte	Hőmérséklet és a talajnedvesség, agyag-ásványok, humusz	Szerves és ásványi anyagok komplexei, összetétele	Mikrobiológiai aktivitás, bontóképes és toleráns organizmusok

osztályozása, ettől függ a talajok maximálisan elérhető szerves-anyag mennyisége, amitől számos és szinte mindegyik talajállapot ered és ez biztosítja a talajok kiemelt jelentőségű ökoszisztéma szolgáltatásait is. A talaj szervesanyag-tartalmától, a humusz mennyiségétől és minőségétől függ a vízmegtartó-képesség. A talajok idei „Nemzetközi napjának” kiemelt szempontjaként jelentkezett a „talaj és a víz”, hiszen ezek nélkül nincs, nem lehet élet („talaj és víz, az élet forrása” (<https://www.fao.org/world-soil-day/en>)).

A globális klímaváltozás hatásainak a csökkentésénél a talajok szén-megtartó képessége az egyik szempont, de a víznek, mint éltető elemnek a megőrzése és hasznosítása is talaj-tulajdonság-függő. A talajélőlények mindegyike, különösen a mikro- (0,5 mikron átlagos nagyságtól 200 mikron = 0,2 mm-ig) és a mezo-méretű (0,2-2 mm nagyságú) parányilények tagjai is alapjában véve vízi élőlényeknek tekinthetők. A talajszemcséket körülvevő vízburok és a köztük levő hézagok (kapillárisok) mérete a talaj vízmegtartó és vízelvezető-tulajdonságait befolyásolja.

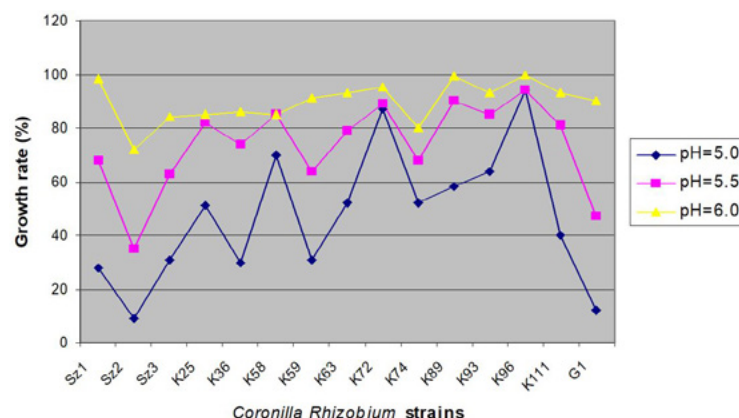
A hazai ásványok és a talajállapot javítása

A természetes hazai ásványok közvetlenül, vagy közvetve is javítják a talajok minőségét és a talajfunkciókat. Az egyik igen gyakori felhasználás szerint savanyú homoktalajon dózistól függően a talaj pH=4-es értékét 1-2 értékkel lehetett emelni, ami maga után vonta a talajbiológiai változók javulását is. A pH=4 javítására azért is szükség van, mivel az a biológiai nitrogén-kötésre képes mikroorganizmusok működési határát jelenti. Ha pedig nincs a talajban biológiai nitrogén-kötés akkor továbbra is, illetve még inkább csak a műtrágyák és nem a talaj önereje fogja biztosítani a megfelelő növénytáplálást. A talaj-savanyúság csökkenéséhez hozzájárul az intenzív és rendszeres műtrágyázás, ami egyúttal megszünteti a biológiai tevékenységet is. A talaj-savanyúság mértéke szinte minden talajtani tulajdonságra hatással van. Befolyásolja a természetközeli gazdanövényeket, különbözőképpen hat az egyes talajélőlénycsoportokra azok érzékenysége szerint. A földigiliszták például az egyik ilyen különlegesen befolyásolt csoportként jelennek meg és a számuk csökkenésével közvetett módon csökken a mikroorganizmusok mennyisége és aktivitása is. A talaj pH-jától függ a növényi tápelemek felvehetősége, oldhatósága, meghatározva a műtrágyázás szükségességét egy adott talajban.

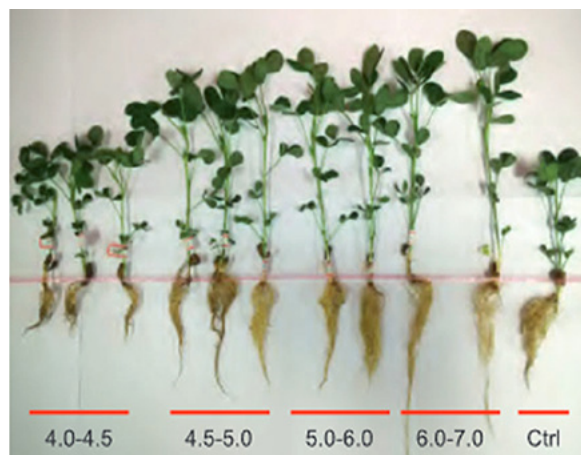
A különösen változatos mikrobiális pH-érzékenységre az 1. ábra mutat példát. Tizenöt, a tarka koronafűrt gyökérgümőiből izolált *Rhizobium* baktérium közül a savasabb pH-értéken mindössze csak két baktérium (a

K74, K111 törzsek) tudtak megfelelő szintű szaporodást felmutatni. Egy savanyú talaj nitrogén-kötő képességének a javításához csak ez a kettő, kiemelten sav-toleráns baktérium lehet alkalmas. A vöröshere pH-függő növekedését a 2. ábra mutatja be a semleges, optimális talaj-savanyúsághoz viszonyítva. A pH 4 körüli értéknél mind a szimbióta N-kötő baktériumok, mind pedig a gazdanövény is érzékeny és veszélyeztetett.

A speciális mikrobiális talajoltó-készítményekben általában előzetesen szelektált, a különféle környezeti stressz-tényezőkkel szemben ellenálló (toleráns) mikroba fajok kiválasztott törzseit használják fel. Ezek ismeretével a növény-növekedésre kedvezőtlenül ható tulajdonságok kezelhetők.



1. ábra: A tarka koronafűrt *Rhizobium* baktérium törzseinek szaporodási százaléka három különböző talaj-savanyúsági értéknél. (Forrás: Biró B. 2008)



2. ábra: Vöröshere növekedése a talaj-savanyúság különböző értékeinél. Megfigyelhető a gyökerek érzékenysége is. (Forrás: MATE biológiai Talajergőgazdálkodó szakirányú továbbképzés)

pH-értékek	Erősen savanyú		Savanyú			Gyengén savanyú		Semleges
	4,0	4,3	4,5	4,7	5,0 - 5,1	5,5 - 5,7	6,0 - 6,3	6,8 - 7,2
Termeszthető növény			rozsa burgonya dohány	alma zab szőlő	búza-szója kukorica borsó	árpa paprika hagyma	barack lucerna	
Mikrobák működési határa	gombák 10 ⁴ /g-nál több	gülmő- baktériumok	rothasztó anaerob mikrobák		szabadon-élő N ₂ -kötők, <i>Azotobacter</i>			
Baktérium szám 10⁶/g			4,0		4,8	12,6	13,6	10 ⁸ fölöt
Giliszták száma/ha						120		1,7 × 10 ⁶
Lebontó-képesség						a mineralizáció sebessége megugrik, jobb növény-táplálás		
Elemoldódás	a nehézfémek (Cd, Ni, Cu, Zn, Mn) toxikussága fokozódik, a kalcium (Ca) kimosódik							
Elempótlás						mész-trágyák szüksége	Mangán-pótlás szüksége	

2.táblázat: A talajsavanyúság értékeitől függő legfontosabb talaj-növényteni tulajdonságok.
(Forrás Biró B, 2008, saját összeállítás)

A talaj-növény rendszerben a talajbiológiai tulajdonságok érzékenysége általában együtt jár ok-okozati összefüggést mutathat az adott talajon termesztendő növény-fajok összetétele, de különösen figyelni kell azokra a toxikus elemekre, nehézfémekre is, amelyek a savanyúbb jellegű talajban válnak felvehetővé. A talajok növekvő, a savanyútól a semlegesig terjedő pH értékei és a vizsgált talaj-növény tulajdonságok szerinti összefüggéseket, és a javasolt mésztrágyázási határértékeket is összefoglalja a 2. táblázat.

A nitrogén és a foszfor tápelemek mennyiségi alakulásánál is a talaj pH értékei a meghatározóak, de azt is figyelembe kell venni, hogy bizonyos mikrobák képesek a műtrágyák kiváltására és/vagy csökkentésére, a talaj önereje által az optimális értékeknél. Túlélésüket a talaj-ásványok és azoknak a humusz-anyagokkal történő összekapcsolt formái javíthatják. Ezek azok az életterek, amelyekben a mikroorganizmusok az igényeik szerint helyezkednek el. A talaj jó szerkezettességére azért is érdemes figyelni, mert a különböző méretű talajmorzsák (az aggregátumok) a gomba és baktérium fajok igénye szerint biztosíthatják a létfontosságú vizet és levegőt. A biológiai nitrogén-kötésre képes *Azospirillum* baktérium oxigén-igénye például csak töredéke (átlagosan 5%) a többi talajbaktériumhoz viszonyítva (ami 5-21%), ezért azok a talajszemcsék belsőbb régióit foglalják el és ez a mikroaerofil tulajdonság teszi lehetővé azt, hogy a növénybelsőben is endofita módon megéljenek. A kötöttebb és tömörebb talajokba történő mikrobiális oltás során is életképesek maradhatnak, de a „melegedő” talajokban is, hiszen optimális hőigényük 38 °C szemben a hazai talajmikroorganizmusok átlagos 28 °C-os igényével.

A természetes ásványok felhasználásának egyik előnye, hogy azok szemcsenagysága a talaj-összetétel és a befolyásoló talajfizikai tulajdonságok szerint is változtatható a talajminőség és a talajbiológiai aktivitás, a talaj vízmegtartó képességének javítása és a kellő oxigénszint elérése érdekében.

A természetes ásványok talajjavításra történő felhasználása korábban hatósági úton kivitelezett rendszeres meliorációs gyakorlat volt. Felhasználásuk mégis a múlt század 90-es éveikhez viszonyítva napjainkra erősen visszaesett. Mivel azonban a természetes és a bányászati tevékenység során is keletkezett ásványi anyagok felhasználásával együtt jár a talajbiológiai aktivitás és a talajbiota élőlényének a fokozottabb jelenléte is, ezért az alkalmazás ismét perspektivikus kezd lenni.

A talajjavításra felhasználható hazai ásvány-vagyont legfontosabb kategóriái, amelyek változatos talajtani alkalmazásokra adnak lehetőséget:

- mész-tartalmú ásványi anyagok, melyek legfontosabb felhasználása a talaj-savanyúság kezelése, a talaj-pH növelése,
- a szervesanyag-tartalmú ásványi anyagok jól felhasználhatók a humusz-szegény talajokhoz és/vagy a lehordott szerves-anyagok visszapótlására,
- a különféle agyag-tartalmú ásványok (nemes-agyagok és zeolitok) jelentőségét növeli, hogy ezek felületein a mikrobiális túlélőképesség is kiemelkedő, a vízmegtartó képességük jó, tehát közvetve a talajbiológiai aktivitás is növelhető,
- a perlit felhasználása a kötöttség miatt levegőtlené váló talajokban lehetséges és szükségszerű is.



3. ábra: Az úrkuti Mangán-izsap hatásai liziméter kísérletben gyengén humuszos homoktalajon a szarvasi energiafű (*Elymus elongatus*) növekedésére (Órbottyán).



A talajbiológiai aktivitás és a talajegészség irányított fokozása (esettanulmány)

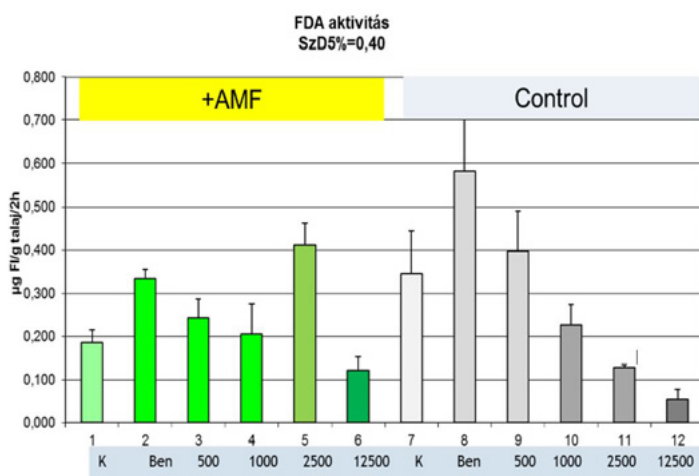
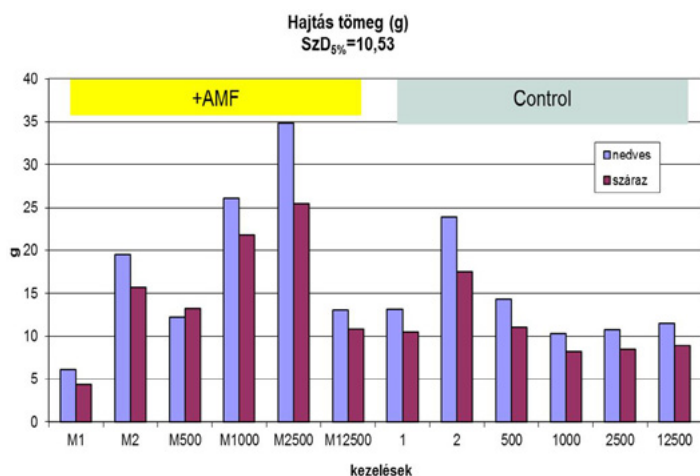
A szennyezett talaj nem tekinthető egészségesnek. A toxikus elemekre, nehézfémekre ezért kiemelt figyelmet kell fordítani. Sok esetben a nehézfémek nagy szervesanyag-tartalommal párosulnak, ami csökkentheti a toxikusságot és ebben is a talajbiota lehet segítségünkre.

A mangán-hasznosulás és hasznosítás lehetőségeit az Úrkuti Mangán-bánya területén, a keletkező bányászati melléktermék, a Mn-izsap felhasználásával vizsgáltuk (3. ábra). Tesztnövényként a Szarvasi-I energiafű (*Elymus elongatus*) fajt használtuk. Az órbottyáni, gyengén humuszos homoktalajhoz (arenosol) egy liziméteres szabadföldi kísérletben a Mn-izsap növekvő dózisait adagoltuk (10 t/ha, vagy ennél 5-ször és 12,5-szer nagyobb dózisokat is alkalmaztunk. Mikrobiális kezelésként INOQ-Top arbuszkuláris mikorrhiza gomba oltóanyagot kevertünk be (1%-os mennyiségben).

Mértük az energiafű keletkező biomassza-mennyiségét és egy mikrobiális talajenzim-aktivitást, a fluorescein-diacetát analízist, FDA-t alkalmazva. Mind a mikorrhiza gomba hatására mérhető biomassza-tömeg, mind pedig a talajenzim-aktivitás javult a felhasznált Mn-izsap felhasználásával és csak a legnagyobb dózisonál tapasztaltuk a mért értékek csökkenését. A mikorrhiza gomba oltással és így a növény-mikroba kapcsolat javításával kiegyensúlyozott hatások alakultak ki (4. a,b ábrák). A bányászati iszapnak a növekedésre kifejtett hatásait fokozta annak az összetétele, ami a 16-21 % mangán-tartalom mellett még 23-27 % vasat, 45-55 % agyag-ásványt és 5-9% egyéb vegyületet, dolomitot, apatitot és kvarcot is tartalmazott. Az energiafűnél a toxikusságot a növényoltással jó hatásokkal lehetett csökkenteni. A növény a kívülről bevitt mikroorganizmus oltással jutott hozzá a kellő szintű és harmonikus arányú tápelemekhez. A mikrobákra ható toxikus hatások is csökkentek a növényi gyökér-exudátumokkal. Kölcsönösen előnyös együttműködési képesség a szimbiózis jött létre, ami a szennyezett talajoknál egy különösen hatékony alkalmazási módszert jelent.

A mikrobiális növény-oltások eredményességét a gyenge szervesanyag-tartalmú talajokban elő lehet és kell segíteni a növény-növekedésre és a bevitt mikroorganizmusokra is kedvezően ható és a toxikusságot is csökkenteni képes szerves anyagok bevitelével.

Az ásványi nyersanyagok mezőgazdasági alkalmazásával, ezáltal a talajok fizikai-kémiai tulajdonságainak a javulásával a talajbiológiai aktivitás is jobbá tehető.



4. a,b ábra: Homoktalajon nőtt energiafű hajtástömege és a talaj mikrobiális enzim-aktivitása növekvő úrkuti mangán-tartalmú iszap-dózisokkal (500, 1000, 2500 mg/kg) és mikorrhiza gombákkal (M) történő oltás nélkül (M1, K) vagy az oltással (M2, Ben). (Forrás Biró B, OTKA K068992 sz. projekt)

A bányászati melléktermékek is szolgálhatnak másodlagos talajjavító nyersanyagként, a környezetvédelmi szempontokat is figyelembe véve.

Talajjavító ásványi anyagok szántóföldi méretekben elsősorban a savanyú talajok kezelésében meszesítés formájában (lápi mész, talajjavító mészke, mészkepor, talajjavító dolomit, dolomitpor), kiskerti méretekben a talaj szervesanyag utánpótlására (tőzegek, lápföld, alginít) használhatók fel. A talajok elemháztartásának a természetes ásványi nyersanyagokkal való javítására is megfelelőek, mint nemes-agyagok, zeolitos riolittufa és kálitufa anyagok. A talajok vízgazdálkodásának

javításához a természetes ásványi nyersanyagok, mint a zeolitok, bentonit alginít, vagy a perlit járulhatnak hozzá. Az ásványi nyersanyagok hazai földből bányászhatók, a mezőgazdasági igényekhez viszonyítva. A biztonságos és hatékony felhasználásukat is előmozdíthatja a talajbiológiai tulajdonságokra figyelés és szakszerű alkalmazás.

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

