

Kátai János – Zsuposné Oláh Ágnes – Tállai Magdolna

**Kőzetőrlemények alkalmazása
a fenntartható talajhasználat során**

Bevezetés

Napjainkban a növénytermesztés elsődleges célja a terméseredmények szinten tartása, valamint jó minőségű termékek előállítása. Olyan élelmiszer- és takarmány alapanyag előállítása szükséges, amelynek útja nyomon követhető, egészséges, és megfelel az élelmiszer- és takarmánybiztonsági feltételeknek. Ennek teljesülését alapvetően a természetes ökológiai tényezők, az alkalmazott agrotechnikai eljárások, valamint a termeszteni kívánt növények genetikai sajátosságai határozzák meg. Az ökológiai tényezők között kiemelt szerepe van a talajok fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságainak, azok komplex ismerete nélkülözhetetlen a talajtermékenység fenntartásában (Kátai, 1992).

A fenntartható fejlődés követelménye, hogy a termelés és így a növénytermesztés is alkalmazkodjon az ökológiai feltételekhez, környezetkímélő és gazdaságos legyen. A környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás során a termelés és a környezetvédelem célkitűzéseit a termőhelyi adottságok figyelembevételével úgy kell összehangolni, hogy a növények tápanyag ellátása a környezet minimális terhelésével valósuljon meg (Loch, 2004). A talajok racionális használata, védelme, termékenységének megőrzése elválaszthatatlan egymástól.

Európa számos területén, így Magyarországon is, a talajhasználat következményeként találkozunk azokkal a talaj-degradációs folyamatokkal, amelyek érintik a talaj fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságait, és így a talaj termékenységét is. A fizikai leromlás következtében tömörebb lesz a talaj szerkezete, megváltozik a szerkezeti elemek mérete, csökken a talajok vízáteresztő képessége, levegőzőttisége és növekszik víztartó képessége. A kémiai degradáció eredményeként csökken a talajok pH-ja, növekszik a rejtett savanyúság, a talajok telítetlensége fokozódik, csökkenhet a talajok felvehető tápanyagtartalma, valamint a szerves szén- és nitrogén tartalmú anyagok mennyisége. A biológiai degradáció során nemcsak a talajban élő szervezetek mennyisége csökken, hanem megváltozik az előforduló fajok összetétele, valamint csökkenhet a talajbiológiai aktivitás is.

A termékenység megőrzésének egyik kiemelkedő lehetősége az a céltudatos emberi beavatkozás, amelyet talajjavításnak (meliorációnak) nevezünk. Talajjavítás szempontjából különös tekintettel kell lenni azokra a talajokra, melyek kedvezőtlen szerkezettel, víz-, hő-, levegő- és tápanyag-gazdálkodással, savanyú, vagy lúgos kémhatással rendelkeznek. Savanyú kémhatású a homok textúrájú talajok jelentős része is, Magyarországon igen jelentős területet, több mint 1,2 millió ha-t foglalnak el.

Az integrált növénytermesztés keretein belül azonban számos lehetőség kínálkozik, amelyek során természetes anyagokkal javíthatjuk a talajok termékenységét. Lazányi (2003) kutatásai alapján a savanyú homoktalajok természetes javítóanyagainak körébe sorolhatók a szántóföldön megtermelhető zöldtrágya és egyéb szerves anyagok, az állattenyésztés melléktermékeként a talajra visszakerülő istállótrágya és komposzt, továbbá a bányászott talajjavító anyagok úgy, mint az alginit, a perlit, a bentonit vagy a zeolit.

Dolgozatunk célkitűzése, hogy bemutassuk a fenntartható talajhasználat során felhasználható, perspektivikus kőzetörlemény – így az alginit, a perlit, a bentonit és a zeolit – talajjavító hatását néhány talajtípus fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságaira.

Anyag és módszer

A kőzetörleményekről

Kísérleteinkben az alginit, a perlit, a bentonit és a zeolit ásványok különböző dózisainak alkalmazására került sor, különböző tulajdonságokkal rendelkező talajokon. Az alkalmazott ásványok közös vonásai, hogy nagy ásványi anyag tartalmúak, kémiai tulajdonságaikból eredően duzzadó képesek, így kedvezően befolyásolhatják a talaj vízgazdálkodását és az oldható tápanyagtartalmát. Hazánkban, napjainkban is elegendő mennyiségben állnak rendelkezésre, bányászatak és csomagolják a különböző szemcseméretű örleményeiket.

Az **alginit** fosszilis biomasszából és elmállott bazalttufából, valamint mészből álló, magas szervesanyag-tartalmú kőzetfészeség. Bazaltvulkánok krátertavaiiban keletkezett. Magas szerves anyag tartalma miatt az olajpala egyik típusának tekinthető. Összetétele: 10–12% szerves anyag, 20–25% mész, jelentős mennyiségű agyagásvány, foszfor, kálium és különféle mikroelemek. Magyarországi lelőhelyei: Bérce, Pula, Nagyvázsony.

A **perlit** nagy kovásvartartalmú, zöldes-szürke, szerkezetileg sok kötött vizet tartalmazó, vulkáni eredetű kőzet. Magyarországon jelentős perlit nyersanyag-lelőhelyek találhatók Pálháza közelében.

A **bentonit** főleg montmorillonit agyagásvány (92%), ezen kívül még kaolin, kvarc, csillám, földpát, illit, krisztobalit és mész összetevőkből áll. Felépítését tekintve oktaédes és tetraédes rétegek (2:1) alkotják, melyeknek a felülete

a központi atomok helyettesítése révén negatív töltéssel rendelkezik, ezáltal kationok megkötésére képes. Ha a domináns kicserélhető kation nátrium, akkor Na-bentonitról, ha kalcium, akkor Ca-bentonitról beszélünk. Rendszeresen bányásszák. A Cserhátban, a Mecsekben is a miocén mészkőben, Sopron város mellett a Lajta-mészkőben fordul elő. Macskamező (Erdély) mellett csaknem teljesen tiszta montmorillonit található.

A **zeolit** több mint 40 ásvány gyűjtőneve. A zeolitok a földkéreg kőzetalkotó elemeit, valamint alkálifémek, illetve alkáliföldfémek kationjait tartalmazó, szivacsos szerkezetű alumíniumszilikát ásványok. Két legfontosabb alkotóelemük a klinoptilolit és a mordenit tektoszilikátok. Hazánkban az Északi-középhegységben, valamint Tokaj mellett bányásszák.

Az alkalmazott agyagásványok felhasználási területei az iparban és a mezőgazdaságban

Az **alginítot** elsősorban a növény- és gyümölcstermesztésben alkalmazzák. Talajjavításban egyszeri adagolása már az első évben 20-30%-kal növelheti a termés mennyiségét, korábbi érést, jobb minőséget eredményez. Agyagásványai révén a műtrágya jobban hasznosul, csökkenti a talajból a foszfor, a nitrogén és a kálium talajvízbe, élővízbe történő kimosódását. Hatását 4–6 évig fejtí ki. Szuszpenziós permetezéskor az őszi alginites lemosó permetezés növényvédő hatású, segíti a fák áttelelését. A vegetáció alatt a permetezésének hatására nő a fák levelében a magnézium, mangán, vas, réz, cink mennyisége, ízletesebbek a gyümölcsök, kalcium szintjük magasabb, eltarthatóságuk jobb.

Állattenyésztésben hígtrágyával komposztálják. Csökkenti a trágya lebomlási idejét, más tápanyagokkal kombinálható, alomba keverve értékes trágyát képez. Nagy adszorpciós képessége miatt megköti az istállókban keletkezett szagokat, csökkenti a légtér kén-dioxid és ammónia koncentrációját (Solti, 2000).

Használják sportsérülések kezelésére, továbbá gyógyításra gyógyiszapként, iszappakolásként. Ízületi, reumás megbetegedésekre kenőcs készíthető belőle, alkalmazzák bőrregenerálásra, kondícionővelésre.

A **perlít** alkalmazása leginkább az építőiparban széleskörű. Használják önálló alkotórészként, hőszigetelő vakolatok, betonok adalékanyagaként, könnyűszerkezetek készítésére, és tűzvédelmi célokra. Habarcsához adagolva a perlít a tűzállóságot növeli, de használják szigetelőanyagoknál vagy kerámiaburkolatoknál agyaghoz adott adalékként is. Klimatechnológiában szigetelőanyagként, például a hűtőtárolóknál használatos. Szűrési segédanyagként is ismert, például a gyógyszeriparban a fermentációs technológiában, szűréshez perlitet használnak. Kertészetben a komposzthoz adagolva a levegő számára jobban átjárhatóvá teszi a komposztot, de emellett megőrzi jó vízviisszatartó képességét. Vízkultúrák növénytermesztéshez jó közeg készíthető perlít felhasználásával. Vízrel telített állapotában a gyökér köré szórják, így a gyökerekre tapad, és nagy meleg idején

a nedvességet a gyökereknek leadja. Szabályozza a növény vízgazdálkodását és javítja a talajklíma állapotát. Nincs káros hatással a környezetre.

A **bentonit** az iparban használják olajkutak fúrásánál ún. fűróiszapként, építőiparban réselő iszapnak, de adagolják cementhez, ragasztószerekhez, kerámiákhoz, kozmetikumokhoz, tisztítószerekhez. Az élelmiszeriparban a borban maradt fehérjedarabkák eltávolítására alkalmazzák. Élelmiszerek esetén csomósodást gátló anyagként, emulgeálószerként, valamint gyümölcslevek tisztítása során alkalmazzák E558 néven. Napi maximum beviteli mennyisége nincs meghatározva, mellékhatását nem ismerjük. A gyógyszeriparban a gyógyszerek felületének síkossá tételére használják.

A mezőgazdaságban tulajdonságainak köszönhetően homoktalajok perspektivikus javítóanyagának tekinthető. A Müncheni Egyetem kísérlete szerint saláta- és paradicsomtalajok földkeverékéhez bentonitot adagolva – a 3%-ban adagolt bentonit - kedvező hatással volt a palánták friss tömegére, a levélfelület nagyságára; azonban a nagyobb dózis depresszíven hatott a növényekre (Schnitzler et al. 1994).

A **zeolit** alkalmas az iparban molekulaszűrőként vízlágyításra, ioncserélő gyantaként, valamint az energiaipar is hasznosítja. Csomagoláskor szagelszívó és nedvességmegkötő képességű anyagként használják (Princz et al. 2002).

A mezőgazdaságban a kertészet és a kertépítés, a kommunális hulladékkezelés, továbbá a víztisztítás területén alkalmazzák.

A növénytermesztésben ásványi tápanyagforrásként a talaj pH-ját növeli, ezzel csökkenti a talajsavanyúságot, a mikroelemek felvehetőségét is kedvezően befolyásolja. Elősegíti a növények vízfelvételét, javítja a talajok vízháztartását. A mezőgazdaságban talajjavításra, továbbá kertészeti földkeverékek összetevőjeként és komposztálásnál segédanyagként használják.

Mezőgazdasági felhasználása az állattenyésztésre is kiterjedt. Állati takarmány előállításánál tápszer adalékként használják, amely a bevitt ritka elemek révén a hiánybetegségek létrejöttét akadályozza meg.

Az agyagásvány tartalmú anyagok mezőgazdasági felhasználása tehát igen sokoldalú. Alkalmazásuk a talajjavításban, a tápanyag-utánpótlásban az intenzív növénytermesztési rendszerek bevezetése során merült fel. Ezek a kutatások közelebb vezettek az említett ásványok szerepének tisztázásához, az eredmények felhasználhatók a műtrágyázási szaktanácsadásban is. Trágyázási tartamkísérletekben kutatások folynak a műtrágyázás és az előzőekben említett agyagásvány-tartalmú ásványok kapcsolatának felderítésére, illetve az agyagásvány összetételnek a hazai homoktalajok termékenységében játszott szerepének feltárására. Számos kutatás igazolta, hogy összefüggés található a talajok fizikai tulajdonságai és az agyagásvány-összetétel között.

A kísérleti körülmények

A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kara Agrokémiai és Talajtani Intézetének munkatársai különböző tulajdonságokkal rendelkező talajokon vizsgálták az alginit, a perlit, a bentonit és a zeolit változó dózisainak hatását a talajok néhány fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságára. A kísérletek tenyészedenyekben, kontrollált viszonyok között, és szabadföldi kísérletekben is folytak. Az alginit és a perlit alkalmazására mészlepedékes csernozjom ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6,70), kovárványos barna erdőtalajon ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,15), továbbá meszes futóhomok ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 8,10) talajon került sor szabadföldi, kisparcellás kísérletben, 5 t/ha dózisokkal, gyeper növényzet (*Festuca pratensis* L.; *Festuca arundinacea* L.) alatt. A bentonit és a zeolit különböző dózisainak (5, 10, 15, 20 t/ha) beállítására humuszos homoktalajon ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,6) került sor tenyészedenyes körülmények között, ebben a kísérletben a tesztnövény az angolperje (*Lolium perenne* L.) volt. Az ásványok bekeverése szabadföldön a talaj 20-25 cm-es rétegébe történt 2-5 mm nagyságú szemcseméretet alkalmazva. Az alginittel és a perlittel történt vizsgálatok korábbi vizsgálatok eredményei (1994), míg a bentonit és a zeolit tenyészedenyes beállítására 2007-2010 között került sor. A tenyészedenyek ebben a kísérletben hat kg-os, alul perforált edények voltak, amelyekben a szántóföldi dózisoknak megfelelően ugyanazon bentonit és zeolit dózisok kerültek felhasználásra. A tenyészedenyes vizsgálatokban a maximális vízkapacitás 70%-ára öntöztük a tenyészidő minden napján, amit azért fontos megemlíteni, mert így ezek a vizsgálatok nem adtak lehetőséget arra, hogy tanulmányozzuk az ásványok hatását a talaj vízgazdálkodási paramétereire. Vizsgálatainkat laboratóriumban további vízgazdálkodási tulajdonságok (vízemelő- és víztartó képesség) vizsgálatával egészítettük ki (Filep, 1995).

Vizsgálati módszerek

A talajfizikai tulajdonságok közül a szabadföldi kísérletekben mértük a talajok nedvességtartalmát Klimes-Szmik (1962) módszere alapján. A talajok térfogat-tömeg-értékéből számoltunk a teljes porozitást, ennek, valamint a nedvességtartalom ismeretében következtettünk a pórusok víztelítettségére. A bentonit és zeolit kísérletben vizsgáltuk mind az ásványok, mind a talajok vízemelő képességét, valamint a talajok víztartó-képességét. Talajkémiai vizsgálatok során meghatároztuk a talaj kémhatását vizes, ill. M KCl-os szuszpenzióban, valamint a hidrolitos aciditást (Filep, 1995). Mértük a talaj könnyen felvehető tápanyagtartalmát is. A talaj nitrát-nitrogén tartalmát Felföldy (1987), az AL-oldható foszfor és káliumtartalmát Egner et al. (1960) szerint vizsgáltuk. A talajok szerves-C (Tyurin cit. Buzás, 1988) és összes nitrogéntartalmát Kjeldahl (cit. Buzás, 1988) módszerei szerint mértük. A talaj-mikrobiológiai vizsgálatok közül meghatároztuk az összes-csíraszámot (húsleves agaron), a mikroszkopikus gombák mennyiségét (pepton-glükóz agaron) talaj-vizes szuszpenzióból lemezöntéssel módszer-

rel (Szege, 1979). A cellulózbontó baktériumok számát Pochon & Tardieux, (1962) legvalószínűbb csíraszám-módszerével állapítottuk meg. Mértük a talajból felszabaduló széndioxid (Witkamp, 1966. cit. Szege, 1979) mennyiségét, valamint néhány enzim, így a foszfatáz (Krámer-Erdei, 1959. cit. Szege, 1979) és a szacharáz (Frankenberger, W.T. & Johanson, J.B., 1983) aktivitását. Az eredmények értékelése során statisztikai értékelést végeztünk, kiszámoltuk a mintavételi átlagokat, a szórást, a szignifikáns differencia értékét 5%-os valószínűségi szinten. A statisztikai értékelés az SPSS 13.0 program segítségével történt.

Eredmények

Az alginít és a perlit hatása a talaj tulajdonságaira

A talajok fizikai talajféleségét jellemző változói (a leiszapolható rész, Arany-féle kötöttségi szám) között a kezelések nem eredményeztek statisztikailag bizonyítható eltérést. A mészlepedékes csernozjom talaj leiszapolható rész értéke 40, 9 és 41,7% között változott, a kötöttségi szám 38, ennek alapján a talaj vályog textúrájú volt. A kovárványos barna erdőtalaj leiszapolható rész százaléka 4,1 és 4,3%, a $K_A < 25$, durva homok, míg a futóhomok ugyanezen paraméterek alapján ($Li\%=8,5-11,5$; $K_A = 36$) homok, homokos vályog textúrájának bizonyult.

Kezelések	Nedv. tart. (m/m%)	Víz-telítettség (%)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Szerves szén (C%)	Összes N (N mg%)	AL-P ₂ O ₅ (mg 1000g ⁻¹)	AL-K ₂ O
Mészlepedékes csernozjom								
kontroll	22,45	72,99	6,7	5,85	1,98	132	224,5	425
alginít	22,94	66,07	6,85	6,05	2,18	131	213,0	460
perlit	25,79	63,85	6,7	5,98	2,04	136	314,0	540
Kovárványos barna erdőtalaj								
kontroll	6,26	24,88	5,15	4,00	0,16	11	102,6	100
alginít	5,86	23,69	5,3	4,20	0,22	11	99,2	75
Futóhomok (meszes)								
kontroll	11,10	37,21	8,10	7,70	0,17	14	59,2	125
alginít	11,94	35,45	8,20	7,70	0,47	16	105,5	148

1. táblázat: Az alginít és perlit hatása a talajok nedvességtartalmára, pórustelítettségére és néhány kémiai tulajdonságára (Káti, 1994.)

Az ásványi kezelések hatására mészlepedékes csernozjom és futóhomok (meszes) talajokon nőtt a talajok nedvességtartalma (1. táblázat). A perlit nagyobb mértékben növelte a talaj nedvességtartalmát, mint az alginít. A pórások víztelítettsége ellenben – ha nem is minden talajtípuson – nagymértékben csök-

kent. Ez valószínűleg azzal magyarázható, hogy talaj nedvességtartalma a talaj kolloid alkotóinak felületén adszorbeálódott.

A talajok kémhatás alapján sorrendben a gyengén savanyú, a savanyú, és gyengén lúgos tartományba tartoztak. A pH-érték mindhárom vizsgált talajtípuson kis mértékben nőtt, a kémhatást nagyobb mértékben az alginít kezelések befolyásolták. Az eredmények szerint nőtt a talajok szerves szén tartalma, kisebb mértékben változott az összes nitrogén tartalom a kontroll értékekhez viszonyítva. A felvehető foszfortartalom jelentősen nőtt mészlepedékes csernozjom talajon a perlit, továbbá futóhomokon az alginít kezelések hatására. A talajok oldatban lévő káliumtartalma – az ásványi összetételek miatt - mészlepedékes csernozjom és futóhomok talajokon ugyancsak jelentős mértékben emelkedett.

Kezelések	Összes-csíraszám ($\cdot 10^6$ g^{-1} talaj)	mikroszkopikus gombaszám ($\cdot 10^3 g^{-1}$ talaj)	Cellulóz-bontó baktériumok ($\cdot 10^3 g^{-1}$ talaj)	CO ₂ -temelés (mg 200g ⁻¹ 6 nap)	Foszfátáz aktivitás (P ₂ O ₅ mg 100g 2h ⁻¹)	Szacharáz aktivitás (glükóz mg g ⁻¹ 24h ⁻¹)
Mészlepedékes csernozjom						
kontroll	4,88	38,7	35,0	17,47	7,46	11,06
alginit	4,30	45,3	25,0	17,47	6,99	11,06
perlit	5,24	15,0	1,3	16,40	8,94	11,91
Kovárványos barna erdőtalaj						
kontroll	1,88	18,7	1,1	15,68	5,74	3,93
alginit	4,64	13,3	5,0	16,32	3,21	7,37
Futóhomok (meszes)						
kontroll	2,55	9,3	0,8	16,32	2,73	7,13
alginit	1,82	15,3	2,5	16,70	4,56	6,64

2. táblázat: Alginit és perlit hatása néhány vizsgált talaj mikrobiológiai tulajdonságaira (Kátai, 1994.)

A talajok mikrobiológiai jellemzői közül hat meghatározó paraméter vizsgálatára került sor mindhárom talajtípuson (2. táblázat). Mészlepedékes csernozjom talajon alginit kezelés mellett nőtt a mikroszkopikus gombák száma, továbbá a perlit növelte az összes-csíraszámot, a foszfátáz és a szacharáz aktivitását. Homok textúrájú talajon az alginit nagyobb mértékben befolyásolta a mikrobiológiai jellemzőket. Kovárványos barna erdőtalajon nőtt az összes csíraszám, futóhomok talajon a mikroszkopikus gombák mennyisége. Nagymértékben emelkedett a cellulóz-bontó baktériumok száma és kisebb mértékben a talajlégzés

mértéke. A foszfatáz aktivitása futóhomokon fokozódott, a szacharáz aktivitása kovárványos barna erdőtalajon igen nagymértékben nőtt.

A bentonit és zeolit hatása a talaj tulajdonságaira

Vizsgáltuk a bentonit és a zeolit őrlemények hatását homok textúrájú talajok néhány fizikai, kémiai és mikrobiológiai jellemzőire. A jelentős adszorpciós tulajdonságokkal rendelkező bentonit és zeolit homok textúrájú talajban kedvezően befolyásolta a talaj vízemelő- és víztartó-képességet (3. táblázat).

A vízemelés mértéke mindkét természetes anyagnál a nagy dózis mellett volt a legkisebb, azonban szignifikáns különbség nem volt kimutatható. A talajok víztartó képessége nőtt, a közepes-nagy és nagy dózisok mellett szignifikáns mértékben. A bentonit a talajok víztartó képességét – nem szignifikánsan - nagyobb mértékben befolyásolta, mint a zeolit. Eredményeink alapján általánosságban elmondható, hogy az alkalmazott nagy dózisok a talajok víztartó képességét közel 10%-kal növelték.

Az ásványok alkalmazásával a savanyú homoktalaj kémhatása a semleges irányba tolódott el, amellyel párhuzamosan a hidrolitos aciditás értékei is csökkentek. A szignifikánsan nagyobb pH-értéket közepes dózis mellett határoztuk meg. A bentonit és zeolit hatása között a kémhatásban nem tudtunk statisztikailag igazolható különbséget kimutatni.

Kezelések	Vízemelés mm/5/h bentonit zeolit		Víztartás (ml/h /100g) bentonit zeolit	
Dózisok (g/100g)	430	340	62,5	58,5
Kontroll homok	468	468	38,5	38,5
0,5	468	455	38,5	38,0
1,0	465	448	40,0	39,5
1,5	460	440	*42,5	*40,5
2,0	455	*438	*43,5	*41,5
SZD5%	29		2,2	

3. táblázat: A bentonit és a zeolit vízemelő és víztartó képessége, valamint annak hatása a homoktalajra (Káti et al., 2010)

Több szerző (Szendrei, 2005; Shuji, et al. 2011) vizsgálta az agyagásványok és a talajok adszorpciós tulajdonságainak összefüggéseit. Megállapították, hogy a talajok a környezetvédelem szempontjából meghatározó jelentőségű puffer-

képességét döntően befolyásolja az agyagásvány-összetétel. Értékeltek ennek szerepét a talajsavanyodás folyamatában is.

Kezelések t/ha	pH _(H₂O)	pH _(KCl)	Hidrolitos aciditás (y ₁)	Nitrát-N	AL-P ₂ O ₅	AL-K ₂ O
				(mg 1000g ⁻¹)		
Bentonit						
kontroll	5,34	4,29	12,10	3,69	89,33	229,75
5	*5,51	*4,42	*11,52	4,42	98,25	*270,83
10	*5,66	*4,59	*11,45	4,56	*104,75	*275,54
15	*5,64	*4,65	*11,42	3,86	90,76	*258,33
20	*5,59	*4,61	*11,76	3,61	90,34	243,75
Zeolit						
kontroll	5,34	4,29	12,10	3,69	89,33	229,75
5	*5,51	*4,60	*11,15	4,20	*104,70	*255,42
10	*5,72	*4,55	*11,31	4,36	99,31	*291,46
15	*5,52	*4,53	*11,36	4,00	*109,96	*313,00
20	*5,61	*4,40	11,80	3,64	*109,86	*342,50
*SzD _{5%}	0,15	0,11	0,31	1,07	10,28	24,49

4. táblázat Bentonit és zeolit örlemény hatása
a talaj néhány kémiai tulajdonságára (Káta et al., 2010)

A tápanyagok felvehetősége különböző mértékben változott. Az ásványok kisebb mértékű hatást gyakoroltak a talaj nitrát-nitrogén tartalmának változására, és ugyancsak kisebb mértékű volt hatás a foszfor tartalomra vonatkozóan. A kálium felvehetősége – főleg a zeolit alkalmazásával – szignifikáns mértékben nőtt. A tápanyagtartalom tekintetében a bentonitnál a közepes dózisok, míg a zeolitnál a nagy dózisok mellett határoztunk meg a magasabb értékeket, (4. táblázat).

A talaj-mikrobiológiai paraméterek közül (5. táblázat) a bentonit kis és közepes dózisa bizonyultak kedvezőbb hatásúnak. Az összes csíraszámot a bentonit minden dózisa szignifikánsan növelte.

A zeolit esetében a kis és közepes dózisok szignifikánsan növelték az összes csíraszámot, a mikroszkopikus gombák mennyiségét, a közepes és nagy dózisok a cellulózbontó baktériumok számát, és a CO₂-termelés mértékét serkentették. A zeolit kezelések kisebb mértékben befolyásolták pozitívan a vizsgált enzimaktivitásokat.

Kezelések t/ha	Összes- csíra- szám (*10 ⁶ g ⁻¹ talaj)	Mikro- szkopikus gomba- szám (*10 ³ g ⁻¹ talaj)	Cellulóz- bontó baktériu- mok (*10 ³ g ⁻¹ talaj)	CO ₂ - temelés (mg 100g ⁻¹ 10 nap)	Foszfa- táz akti- vítás (P ₂ O ₅ mg 100g ⁻¹ 2h ⁻¹)	Szacharáz aktivitás (glükóz mg 100 g ⁻¹ 24h ⁻¹)
Bentonit						
kontroll	2,56	55,58	2,63	4,34	5,39	4,63
5	*4,01	*59,21	*4,85	*5,43	6,63	*6,96
10	*5,46	56,38	*6,24	*5,56	*7,64	*8,45
15	*4,54	55,33	3,25	4,99	*7,69	6,15
20	*4,79	49,09	2,04	4,23	6,59	4,23
Zeolit						
kontroll	2,56	55,58	2,63	4,34	5,39	4,63
5	*5,85	*62,21	3,39	4,93	6,45	5,52
10	*7,04	*66,42	*3,65	*6,06	6,74	6,24
15	3,21	57,75	*3,80	*6,20	6,98	4,36
20	3,09	53,75	3,14	*5,35	7,21	4,28
SzD _{5%}	1,25	2,25	0,81	0,95	2,25	1,85

5. táblázat Bentonit és zeolit őrlemény hatása
a talaj néhány mikrobiológiai tulajdonságára (Káti et al., 2010)

Több kutató (Qunwei, et. al. 2014; Yuebing, et al. 2015) vizsgálta az agyag-
ásványok és a talaj mikrobiológiai folyamatainak összefüggéseit. A kutatások –
eredményeinkhez hasonlóan – igazolták, hogy az agyagásványok jelentősen
befolyásolják a mikroorganizmusok aktivitását, növekedését, életműködését.

Összefoglalás

A fenntartható fejlődés követelménye, hogy a termelés és így a növénytermesz-
tés is alkalmazkodjon az ökológiai feltételekhez, környezetkímélő és gazdaságos
legyen. Olyan élelmiszer- és takarmány alapanyag előállítása szükséges, amely-
nek útja nyomon követhető, egészséges, és megfelel az élelmiszer- és takar-
mánybiztonsági feltételeknek.

A talajhasználat következményeként találkozunk azokkal a talaj-degradációs folyamatokkal, amelyek érintik a talaj fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságait és így a talaj termékenységét is. A termékenység megőrzésének egyik kiemelkedő lehetősége a talajjavítás, amely egy céltudatos emberi beavatkozás. Talajjavítás szempontjából különös figyelmet érdemelnek a különböző agyagásvány tartalmú kőzetörlemények, mint az alginít, a perlit, a bentonit vagy a zeolit. Az agyagásványok alkalmazása napjainkban igen széleskörű mind az iparban, mind a mezőgazdaságban, és hozzájárulhat a fenntartható talajhasználat feltételeinek megteremtéséhez.

Irodalom

- Buzás I. (1988): Talaj- és Agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó. 155.
- Egner, H. – Riehm, H. & Domingo, W. R.: 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung de Nährstoffzustandes der Böden. II. K. LantbrHögsk. Ann. 26. 199–215.
- Felföldy L. (1987): A biológiai vízminősítés. (4. Javított és bővített kiadás). Budapest. 172-174.
- Filep Gy. (1995): Talajvizsgálat. Egyetemi jegyzet. Debrecen, 32-56., 68-71; 93-96., 105-107.
- Frankenberger, W.T. & Johanson, J.B.: 1983. Method of measuring invertase activity in soils. Plant and Soil. 74: 301-311.
- Kátai, J.: 1992. Correlation among the physical, chemical characteristics and microbiological activities of some soil types. In: Functioning and Dynamics of Perturbed Ecosystems. Eds. Bellan, D.- Bonin, G. – Emig, C. Lavoisier Publishing, Paris.137-158.
- Kátai, J. (1994): Javítóanyagok hatása a gyeptalajára. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 12. A gyepgazdálkodás az állattartás szolgálatában. Tud. Közlemények (szerk.Vinczeff I.) 229-247.
- Kátai, J. – Tállai, M. – Sándor, Zs. – Zsuposné, O. Á. (2010): Effect of Bentonite and Zeolite on some characteristics of acidic sandy soil and on the biomass of a testplant. Agrokémia és Talajtan. Special Issue (ed. Gy. Várallyay) Akadémiai Kiadó. 165-174.
- Klimes-Szmik A. (1962): A talajok fizikai tulajdonságainak vizsgálata. In: Talaj- és trágyavizsgálati módszerek (Szerk. Ballenegger R. & Di Gléria J.). Mezőgazdasági Kiadó. 83-161.
- Loch J. – Nosticzius A. 2004: Agrokémia és Növényvédelmi Kémia. Mezőgazdasági Kiadó. 19-22. és 114.

- Lazányi J. (2003): Bentonitos tufa jelentősége a homoktalajok javításában. Agrárgazdaság, vidékfejlesztés és agrárinformatika az évezred küszöbén (AVA), DE ATC Debrecen, április 1-2. 4-8.
- Pochon J. & Tardieux P.: 1962. Techniques D' Analyse en Microbiologie du Sol. Collection. "Techniques de Base". 103.
- Princz, P. et al. (2002): Improvement of The Biological Degradability of Wastewaters Using Modified Zeolites. Zeolite 02, 6th International Conference on the Occurrence Properties and Utilization of Natural Zeolites, 2-7 June 2002. Aristotle University, Ed. Misaelide, P.: Book of Abstracts, 301-302.
- Qunwei D. - Yulian Z. - Faqin D. - Bin W. - Yunbi H. (2014): Interaction between bentonite and *Bacillus litoralis* strain SWU9. Applied Clay Science. Vol. 100, October 2014, 88–94.
- Schnitzler, J. – Gruda, M. - Michalsky, T. (1994): Bringt Bentonit Vorteile bei der Anzucht von Gemüsejungpflanzen? Gartenbau Magazin 3. 34-35.
- Shuji F. et al. (2011): pH-Dependent adsorption of sulfa drugs on high silica zeolite: Modeling and kinetic study. Desalination. Vol. 275, 2011, 237–242.
- Solti G. (2000): Talajjavítás és tápanyagutánpótlás az ökológiai gazdálkodásban. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 208.
- Szegi J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 250-256.
- Szendrei G. (2005): Talajásványtani kutatások. Talajásványtan és talajmikromorfológia. III. Függelék. 353-356.
- Yuebing, S. et al. (2015): In situ stabilization remediation of cadmium (Cd) and lead (Pb) co-contaminated paddy soil using bentonite. Applied Clay Science, Volumes 105–106, 200–206.