

## Bentonit és zeolit alkalmazása a talajjavításban savanyú homoktalajon

Tállai Magdolna

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,  
Mezőgazdaságtudományi Kar,  
Agrokémiai és Talajtani Tanszék, Debrecen  
tallaim@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

Tenyészvényes kísérletben vizsgáltuk a bentonit, illetve a zeolit különböző dózisainak [kontroll; 5; 10; 15; 20 g kg<sup>-1</sup>] hatását – alapkezelések mellett – savanyú (pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>=5,65) humuszos homok textúrájú talajon. A kísérlet beállítására a DE AMTC Agrokémiai és Talajtani Tanszékének tenyészházában került sor 2007 és 2008-ban. Jelzőnövényként az angolperjét (*Lolium perenne* L.) alkalmaztuk.

Laboratóriumi vizsgálatok keretében meghatároztuk a talaj kémhatás viszonyait, mértük a tápanyagtartalomra vonatkozóan a nitrát-N tartalmat, a könnyen felvehető foszfor- és káliumtartalmat. Talajmikrobiológiai tulajdonságok közül meghatároztuk az összes-csíraszámot, a cellulózbontó baktériumok mennyiségi előfordulását, a talaj szén-dioxid termelését, biomassza széntartalmát, valamint a szacharáz enzim aktivitását. A vizsgálatok alkalmával mértük a növényi biomassza mennyiségét is.

A bentonit és zeolit különböző dózisainak hatását a két vizsgálati év mérési eredményei alapján a következőkben összegezhettük:

- A talaj kémhatása a kis dózisú kezelések hatására nőtt. A kémhatás emelkedésével a hidrolitos aciditás értékei – a bentonit-kezeléseknél szignifikánsan – csökkentek.
- A talaj könnyen felvehető tápanyagtartalmának szempontjából a kis és közepes dózisok bizonyultak eredményesnek. A nagy dózis bentonit-kezeléseknél csökkentette a talaj nitrát-N, valamint a könnyen felvehető foszfor- és káliumtartalmat, zeolit-kezeléseknél a talaj nitrát-N tartalmát.
- A talaj vizsgált mikrobiológiai tulajdonságainak szempontjából mindkét kezelésnél szintén a kis és közepes dózisok bizonyultak serkentőnek, azonban a nagy dózisok hatására sem csökkent az összes-csíraszám, valamint a zeolit-kezelés esetében a biomassza széntartalom.
- Mind a bentonit-, mind a zeolit-kezelések növelték a növényi produktumot. Bentonit-kezeléseknél szignifikáns növekedést a közepes és nagy dózis okozott, míg zeolit-kezeléseknél szignifikáns növekedést a nagy dózis hatására tapasztaltunk. A legnagyobb dózis csökkentette a növényi szárazanyag-tartalmat.
- A statisztikai elemzés során számos vizsgált talajparaméter között tapasztaltunk közepes, illetve szoros korrelációt.

**Kulcsszavak:** bentonit, zeolit, homok, tápanyagtartalom, mikrobiológia, növényi biomassza

### SUMMARY

In a pot experiment, we have studied the effect of bentonite and zeolite in different dosages [control; 5; 10; 15; 20 g kg<sup>-1</sup>] on acidic (pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>=5.65) humus sandy soil. The experiment was set up in 2007 and 2008 in the greenhouse of the UD CASE Department

of Agrochemistry and Soil Science. As a test plant, perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) was used.

In laboratory examinations, pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>, pH<sub>(KCl)</sub>, hydrolytic acidity, nitrate-N content, readily available phosphorus and potassium content were determined. Among soil microbial parameters, the total number of bacteria, the cellulose-decomposing bacteria, the carbon-dioxide production, the microbial biomass-C content of soil, and the saccharase enzyme activity were measured. In the experiment the biomass of the test plant was determined.

The effect of bentonite and zeolite in different dosages can be summarized as follows:

- The pH increased under the effect of low dosages. With the increasing of the pH the hydrolytic acidity - at the bentonite treatments significantly – decreased.
- Regarding the readily available nutrient content of the soil, low and medium dosages proved to be effective. High dosages of bentonite treatments reduced the nitrate-N content, the readily available phosphorus, and potassium content of soil, by zeolite treatments the high dosages reduced the nitrate-N content of soil.
- Regarding the measured soil microbial parameters in both treatments low and medium dosages proved to be also effective, but the high dosages didn't cause decreasing at the total number of bacteria, and by zeolite treatments the biomass-C content of soil.
- Also the bentonite and zeolite treatments enlarged the biomass of the test plant. We experienced significant increasing by bentonite treatments by the effect of medium and high dosages, while in zeolite treatments only the high dosage caused significantly increasing in plant biomass. The largest dosages decrease the plant biomass.
- Under the statistical analysis we found many medium and tight correlation between the studied parameters.

**Keywords:** bentonite, zeolite, sandy soil, nutrient content of soil, microbiology, biomass of the testplant

### IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A mezőgazdasági termelés növelésének, illetve a sikeres növénytermesztésnek nélkülözhetetlen eszköze talajaink védelme, termékenységük megőrzése. Talajaink termékenységének fenntartása és állandó fokozása csak komplexebb hatású talajjavító és termésművelő hatású anyagok választékának bővítésével oldható meg. A korszerű agrotechnika alkalmazása csak ott válik gazdaságossá, ahol az ehhez szükséges feltételek biztosítva vannak, vagyis csak megfelelő termékenységű talajokon lehetséges (Balogh, 1999).

Mára világszerte elterjedt fogalom a „fenntartható mezőgazdaság” fogalma, melynek egyik alappillére ma Magyarországon, hogy a legfontosabb természeti

erőforrásunkat képező talajkészleteinket ésszerűen hasznosítsuk, védjük, állagukat megőrizzük, és sokoldalú funkcióképességüket fenntartsuk (Várallyay, 2005). Ezen igényeket szem előtt tartva napjainkban a mezőgazdaság felé terelődtek az olyan természetes, hazánkban is rendelkezésre álló bányászható anyagok alkalmazása a talajjavításban, mint az alginit (Solti, 1987; Kátai, 1994), a zeolit (Kazó, 1981; Köhler, 2000), vagy a bentonit (Márton és Szabóné, 2002; Makádi et al., 2003; Tállai, 2007; Szeder et al., 2008).

A bentonit olyan agyagásványok alkotta közet, mely főleg montmorillonitból (Fekete és Stefanovits, 2002), de ezen kívül még kaolinból, kvarcból, csillámból, földpátból (Pártay et al., 2006), illitből, krisztobalitból és mészből áll. Homoktalajok perspektivikus javítóanyagának tekinthető, hiszen irodalmi adatok támasztják alá, hogy a kedvezőtlen tulajdonsággal rendelkező talajok fizikai, kémiai, és biológiai tulajdonságait is kedvezően befolyásolja.

A bentonit háromrétegű agyagásvány-tartalmú, a centrális ionok izomorf helyettesítéséből adódóan magas kation megkötő képességgel rendelkezik. Ezen anyagok talajba keverésével növeli a tápanyagtartalmat, gátolva azok kimosódását a talajból (Noble et al., 2000).

A bentonit elsődleges hatása a talaj diszponibilis víztartalmának növelése. Így közvetve hozzájárul a biológiai aktivitás serkentéséhez, hiszen a mikrobiális életközösség számára a talaj vízpotenciálja az egyik legfontosabb tényező. A talaj nedvességtartalma és a talaj algák mennyisége között szoros összefüggés van (Shtina és Bolyshev, 1963; Shimmel és Darley, 1985).

Lazányi és Karucka (2003) szerint a bentonit tendencia jelleggel csökkenti a homoktalaj vízáteresztését. Az eredmény alátámasztja, hogy a vízzel közel telített talajban a vízmozgás sebességét a makropórusok határozzák meg. Bentonit-kezelés hatására a dózistól és a bekeverés mélységétől függően csökken a talajszelvényen átszivárgó víz mennyisége. A csökkenés mértéke nagyobb, ha a bentonit teljes mennyiségét a 0-20 cm talajrétegbe keverjük be. A talajoszlopba bekevert bentonit hatására nőtt a talajoszlopban visszatartott víz mennyisége. A növekedés mértéke nem szignifikáns, de a 6 kg/m<sup>2</sup> dózisonál jól értékelhető.

A Münchener Egyetem kísérlete szerint salátapalánták földkeverékéhez bentonitot adagolva – a 3%-ban adagolt bentonit – kedvező hatással volt a palánták friss tömegére, a levélfelület nagyságára, a nagyobb dózis viszont depresszívum hatott a növényekre (Schnitzler et al., 1994).

Kátai et al. (2007) megállapításai szerint a bentonittal komposztált istállótrágya szignifikánsan növeli a talajban az összes-csírászámot és az összes-gombaszámot, a cellulózbontó baktériumok mennyiségi előfordulását, valamint a talaj biomasza széntartalmát.

A zeolit alumínium-szilikát ásvány, mely a természetben általában bázikus kiömlési közetek (bazaltok) hólyagüregeiben, hasadékaiban keletkezik,

de megjelenhet a hidrotermás érctelérek kísérő ásványaként is.

Felhasználása széleskörű mind az iparban, mind a mezőgazdaságban. A növénytermesztésben műtrágyaként a talaj pH-ját (csökkenti a talaj savanyúságát), ritkaelem-háztartását befolyásolja kedvezően (Simon, 2001; Muhlbachova és Simon, 2003; Ghrair et al., 2008). Elősegíti a növények vízfelvételét, javítja a talajok vízháztartását. Az állattenyésztésben tápszer-adalékként használják (Željko et al., 2007; Šperanda et al., 2008), mely a bevitt ritka elemek révén a hiánybetegségek létrejöttét akadályozza.

Usman et al. (2005) különböző agyagásványok (Ca-bentonit, Na-bentonit, zeolit) hatását vizsgálták szennyvíziszappal kezelt talajokon inkubációs kísérletben a talaj nehézfém-szennyezettségére és mikrobiológiai tulajdonságaira. Eredményeik szerint az agyagásványok, kiváltképpen a Na-bentonit, és a Ca-bentonit hatására csökkent a talaj fémkoncentrációja, nőtt a talajlégzés, a talaj mikrobiális biomasza széntartalma, a szerves N tartalma. Összegezve, eredményeik azt igazolták, hogy az agyagásványok kedvező hatással vannak a talaj mikrobiológiai életére.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A tenyészedényes kísérlet beállítására a DE MTK Agrokémiai és Talajtani Tanszék Tenyészházában került sor 2007-ben és 2008-ban, savanyú (pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> 5,65), humuszos homok textúrájú talajon. A kezeléseket bentonit és zeolit ugyanazon dózisaival végeztük. A differenciált kezeléseket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A kísérletben alkalmazott kezelések és azok jelölése a táblázatokban (2007-2008)

Kezelések sorszáma(1)	Dózisok(2)	Kezelések(3)	
		BENTONIT	ZEOLIT
1.		kontroll	kontroll
2.	1×	5 g kg <sup>-1</sup>	5 g kg <sup>-1</sup>
3.	2×	10 g kg <sup>-1</sup>	10 g kg <sup>-1</sup>
4.	3×	15 g kg <sup>-1</sup>	15 g kg <sup>-1</sup>
5.	4×	20 g kg <sup>-1</sup>	20 g kg <sup>-1</sup>

Table 1: The applied treatments in the experiment and their indication in the tables (2007-2008)

Number of treatments(1), Dose(2), Treatments(3)

A talajok nedvességtartalmát a maximális vízkapacitás 70%-ára állítottuk be, majd naponta állandó tömegre öntöttük. Tesztnövényként az angolperjét (*Lolium perenne* L.) alkalmaztuk. A mintavételezés a tenyészedény időszak negyedik és nyolcadik hetében történt. A laboratóriumi vizsgálatokat mindkét mintavételezés alkalmával alapos homogenizálás után a tanszék talajkémiai és talajmikrobiológiai laboratóriumában végeztük. Alapkezelésként minden edény 100 mg nitrogént –

Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> oldat –, illetve 100 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-t és 100 mg K<sub>2</sub>O-t kapott, kálium-dihidrogén-foszfát és kálium-szulfát közös oldata formájában. Mértük a talaj kémhatását [pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>; pH<sub>(KCl)</sub>], a hidrolitos aciditás értékét (Filep, 1995), továbbá a talaj nitrát-N tartalmát (Felföldy, 1987), a könnyen oldható foszfor- és káliumtartalmat (Gerei, 1970). Mikrobiológiai tulajdonságok közül az összes-csíraszámot (húsleves-agaron) talaj-vizes szuszpenzióból lemezözéssel határoztuk meg (Szegei, 1979). A cellulózbontó baktériumok számát Pochon és Tardieux (1962) legvalószínűbb csíraszám módszerével állapítottuk meg. Mértük továbbá talajból 10 nap alatt felszabaduló szén-dioxid (Witkamp cit. Szegei, 1979) mennyiségét, a mikrobiális biomassza-C tartalmat (Jenkinson és Powlson, 1976), valamint a szacharáz (Bertrand cit. Szegei, 1979) enzim aktivitását. A vizsgálatok során meghatároztuk a tesztnövény biomasszáját is. Az eredmények értékelése során statisztikai számítás végeztünk, kiszámoltuk a mintavételi átlagokat, a szórást, a szignifikáns differencia értékét, illetve a vizsgált paraméterek közötti összefüggések feltárására korreláció analízist végeztünk. A statisztikai értékelést SPSS 13.0 program segítségével végeztük.

**EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK**

Az eredmények bemutatása a két vizsgálati év (2007-2008) átlageredményei alapján történt.

Mértük mind a vizes, mind a KCl-os szuszpenzió kémhatását. Eredményeink szerint a bentonit-kezeléseknél a talaj vizes közegben mért kémhatása [pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>]=5,70 és 6,07 között (1. ábra) változott. A második kezelés szignifikánsan növelte a talaj kémhatását, a magasabb dózisok hatására azonban csökkenést tapasztaltunk. Zeolit-kezelések esetében hasonlókat láttunk, értéke [pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>]=5,50 valamint 6,09 között volt, az alacsony dózis növelte a talaj kémhatását.

A KCl-os közegben mért érték [pH<sub>(KCl)</sub>]= 4,37 és 5,03 között változott (1. ábra). Mindkét kezelés esetében a legkisebb dózis okozta a szignifikáns növekedést, bentonit-kezeléseknél a kétszeres dózis is szignifikánsan növelte a kémhatást. A nagy dózisok-zeolit esetében szignifikánsan csökkentették a talaj kémhatását.

A talaj kémhatásával összefüggésben mértük a hidrolitos aciditás értékeit is (2. ábra), mely a két kezeléskor 14,01-11,14 között volt. Az y<sub>1</sub> értékei a kezelések hatására csökkentek, bentonit dózisoknál minden kezelés szignifikáns csökkenést okozott.

1. ábra: Bentonit- és zeolit-kezelések hatása a talaj kémhatására [pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>;pH<sub>(KCl)</sub>] (2007-2008. évi átlagok)

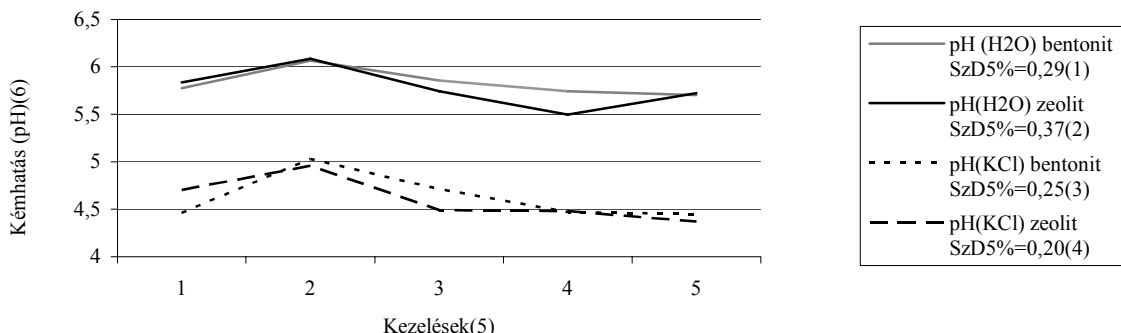


Figure 1: The effect of bentonite and zeolite treatments on the pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> and pH<sub>(KCl)</sub> of the soil (averages of samplings in 2007-2008) pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> bentonite SD<sub>5%</sub>=0.29(1), pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> zeolite SD<sub>5%</sub>=0.37(2), pH<sub>(KCl)</sub> bentonite SD<sub>5%</sub>=0.25(3), pH<sub>(KCl)</sub> zeolite SD<sub>5%</sub>=0.20(4), Treatments(5), pH(6)

2. ábra: Bentonit- és zeolit-kezelések hatása a talaj hidrolitos aciditására (y<sub>1</sub>) (2007-2008. évi átlagok)

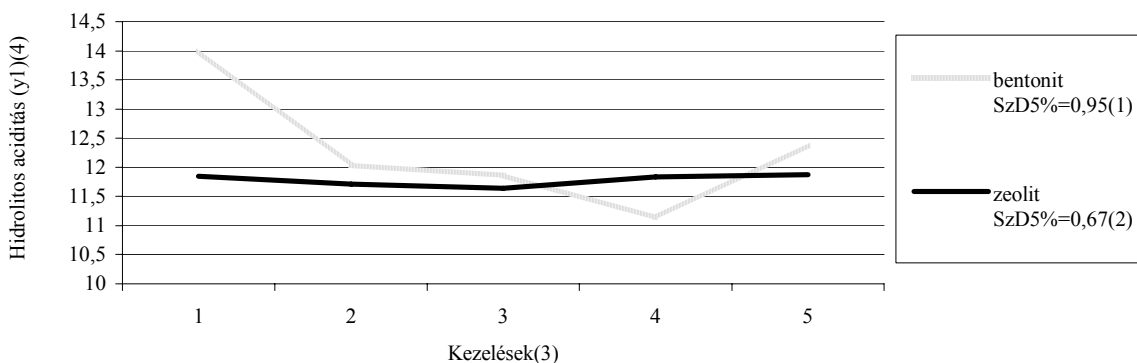


Figure 2: The effect of bentonite and zeolite treatments on the hydrolytic acidity of soil (y<sub>1</sub>) (averages of samplings in 2007-2008) Bentonite SD<sub>5%</sub>=0.95(1), Zeolite SD<sub>5%</sub>=0.67(2), Treatments(3), Hydrolytic acidity (y<sub>1</sub>)(4)

A talaj tápanyagtartalmával kapcsolatban (2. táblázat) mértük a talaj nitrát-N tartalmát. Bentonit-kezeléseknél az alacsony és közepes dózis (2. és 3. kezelések) hatására a talaj nitrát-N tartalma szignifikánsan nőtt, azonban a két legnagyobb dózis (4. és 5. kezelések) hatására értéke a kontroll szintjét nem érte el. Zeolit-kezelések hatására sem szignifikáns növekedést, sem szignifikáns csökkenést nem tapasztaltunk. A magasabb nitrát-N tartalmat az egyszerűes dózis okozta.

A könnyen felvehető foszfor- és káliumtartalom a kezelések hatására szintén növekedett. Bentonit-kezelések esetében a foszfor a közepes dózis hatására szignifikánsan nőtt. A két legnagyobb dózis csökkentette értékét. Az AL-oldható kálium nagyobb értékét a kis dózis (2. kezelés) hatására mértük, de a

3. kezelés is szignifikánsan növelte mennyiségét. A legnagyobb dózis-nem szignifikáns-csökkenést okozott. A foszfor- és káliumtartalom minden zeolit-kezelésnél növekedett, értékeik a nagy dózisok hatására is szignifikáns növekedést mutattak.

A talaj mikrobiológiai tulajdonságai közül (3. táblázat) mindkét kezelésmód esetében vizsgáltuk a talajmikrobák számát. Bentonit- és zeolit-kezelésnél is elmondható, hogy a kis és közepes dózisú kezelések bizonyultak serkentőnek, bentonit esetében a 4. kezelés is szignifikáns növekedést okozott. A négyszeres dózisok sem okoztak csökkenést a kontroll értékeihez viszonyítottan, azonban szignifikáns eltérést ezek esetében egyik kezelésnél sem tapasztaltunk.

2. táblázat

Kezelések hatása a talaj könnyen felvehető tápanyagtartalmára (2007-2008. évi átlagok)

Kezelések sorszáma(3)	Bentonit(1)			Zeolit(2)		
	Nitrát-N (mg 1000 g <sup>-1</sup> )(4)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg 1000 g <sup>-1</sup> )(5)	K <sub>2</sub> O (mg 1000 g <sup>-1</sup> )(6)	Nitrát-N (mg 1000 g <sup>-1</sup> )(4)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg 1000 g <sup>-1</sup> )(5)	K <sub>2</sub> O (mg 1000 g <sup>-1</sup> )(6)
1.	3,82	92,47	250,42	4,01	102,34	216,09
2.	<b>5,11</b>	98,25	<b>297,92</b>	4,57	<b>122,25</b>	<b>268,75</b>
3.	<b>5,21</b>	<b>111,83</b>	<b>275,67</b>	4,28	107,67	<b>255,00</b>
4.	3,70	88,22	264,59	4,18	<b>125,95</b>	<b>268,92</b>
5.	3,24	87,78	248,75	3,33	<b>115,50</b>	<b>270,84</b>
<b>SzD<sub>5%</sub>(7)</b>	1,04	7,41	21,63	1,04	11,71	27,96

Table 2: The effect of treatments on the readily available nutrient content of soil (averages of samplings in 2007-2008)

Bentonite(1), Zeolite(2), Treatments numbers(3), Nitrate-N (mg 1000 g<sup>-1</sup>)(4), AL-phosphorus (mg 1000 g<sup>-1</sup>)(5), AL-potassium (mg 1000 g<sup>-1</sup>)(6), SD<sub>5%</sub>(7)

3. táblázat

Kezelések hatása a talaj néhány mikrobiológiai tulajdonságára (2007-2008. évi átlagok)

Kezelések sorszáma(3)	Bentonit(1)					Zeolit(2)				
	Összes-csíra (*10 <sup>6</sup> g <sup>-1</sup> talaj)(4)	Cellulóz-bontó baktériumok (*10 <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> talaj)(5)	CO <sub>2</sub> -termelés (CO <sub>2</sub> mg 100 g <sup>-1</sup> )(6)	Biomassza-C (µg g <sup>-1</sup> )(7)	Szacharáz (glükóz mg 100 g <sup>-1</sup> )(8)	Összes-csíra (*10 <sup>6</sup> g <sup>-1</sup> talaj)(4)	Cellulóz-bontó baktériumok (*10 <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> talaj)(5)	CO <sub>2</sub> -termelés (CO <sub>2</sub> mg 100 g <sup>-1</sup> )(6)	Biomassza-C (µg g <sup>-1</sup> )(7)	Szacharáz (glükóz mg 100 g <sup>-1</sup> )(8)
1.	2,39	2,75	20,83	4,38	4,77	2,20	1,55	19,41	4,04	4,33
2.	<b>3,79</b>	<b>6,60</b>	<b>26,40</b>	<b>5,05</b>	<b>8,40</b>	<b>4,09</b>	2,58	<b>21,49</b>	<b>4,83</b>	<b>6,23</b>
3.	<b>4,70</b>	<b>7,40</b>	<b>25,26</b>	<b>5,63</b>	<b>10,71</b>	<b>4,65</b>	<b>3,83</b>	<b>15,35</b>	<b>6,67</b>	<b>6,21</b>
4.	<b>3,87</b>	<b>3,75</b>	21,02	4,98	<b>6,92</b>	2,54	2,68	<b>9,21</b>	<b>4,92</b>	4,52
5.	2,84	1,90	20,80	4,09	4,30	2,22	1,50	<b>8,01</b>	4,11	3,70
<b>SzD<sub>5%</sub>(9)</b>	1,36	1,57	2,23	0,66	1,78	0,95	1,40	1,05	0,58	1,47

Table 3: The effect of treatments on some soil microbiological characteristics (averages of samplings in 2007-2008)

Bentonite(1), Zeolite(2), Treatments number(3), Total number of bacteria (\*10<sup>3</sup> g soil<sup>-1</sup>)(4), Cellulose-decomposing bacteria (\*10<sup>3</sup> g soil<sup>-1</sup>)(5), CO<sub>2</sub>-production of soils (CO<sub>2</sub> mg 100 g<sup>-1</sup>)(6), Biomass-C (µg g<sup>-1</sup>)(7), Saccharase enzyme (glucose mg 100 g<sup>-1</sup>)(8), SD<sub>5%</sub>(9)

A cellulózbontó baktériumok száma bentonit-kezelésnél már a kis dózison is két és félszeresére nőtt, de a 3. és 4. kezelések is szignifikánsan növelték a cellulózbontók számát. Zeolit-kezelésnél a közepes dózis esetében tapasztaltunk szignifikáns növekedést. A 4×-es dózisok a baktériumszámot mindkét kezeléskor csökkentették.

A talaj CO<sub>2</sub>-termelését bentonit-kezelésnél az egyszeres és kétszeres dózisok, zeolit-kezelésnél csak az egyszeres dózisok növelték szignifikánsan. A nagyobb dózisok mindkét esetben csökkentették a talaj szén-dioxid termelését, zeolit-kezelésnél a csökkenés szignifikánsnak bizonyult.

A talaj biotermészete széntartalma csak a nagy dózis hatására csökkent. Bentonitnál a kis és közepes, zeolitnál a 2., 3., és 4. kezelés is szignifikánsan növelte értékét.

A szacharáz enzim aktivitása szempontjából is kis és közepes dózisoknál tapasztaltunk szignifikáns

növekedést, bentonitnál még a 4. kezelés is szignifikánsan növelte az enzimaktivitást. A legnagyobb dózis – nem szignifikánsan ugyan – csökkentette a szacharáz enzim aktivitását.

A mintavételek alkalmával mértük a növényi biotermészete mennyiségét (3. ábra) mindkét tenyésztési időszakban. Eredményeink azt mutatták, hogy mind a bentonit, mind a zeolit kezelések növelték a növényi biotermészetet. Bentonit-kezeléseknél a két év átlagában a növényi biotermészete mennyisége 2,80 és 3,26 g között változott, szignifikáns növekedést a 3. és 4. kezelés okozott. A nagy dózis valamelyest visszavetette növényi biotermészete tartalmát. Zeolit-kezeléseknél a növényi biotermészete termelése 2,85 és 3,25 g között volt, szignifikáns növekedést csak a 4. kezelés okozott. A legnagyobb dózis (4×-es) itt is csökkentette a növényi biotermészete-tartalmát.

3. ábra: Kezelések hatása a növényi biotermészete mennyiségére (2007-2008.)

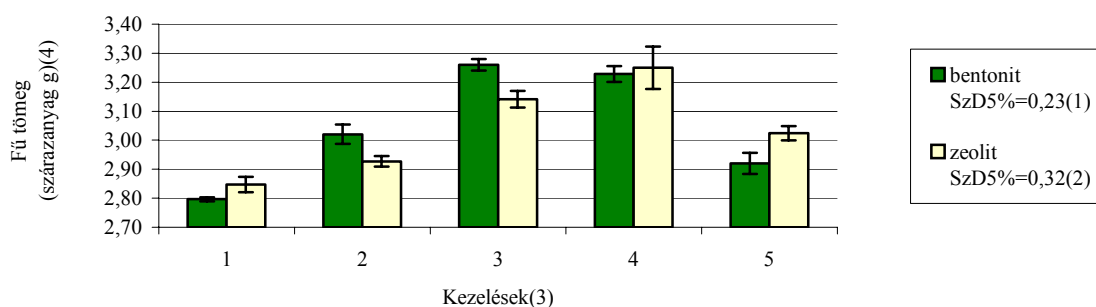


Figure 3: The effect of treatments on the biomass of the test plant, rye-grass (*Lolium perenne* L.) (2007-2008) Bentonite SD<sub>5%</sub>=0.23(1), Zeolite SD<sub>5%</sub>=0.32(2), Treatments(3), Plant biomass (dry matter g)(4)

Az eredmények értékelése során korreláció analízist végeztünk a vizsgált talajtulajdonságok közötti összefüggések feltárására. A korreláció analízist a két vizsgálati év (2007-2008) adatai alapján készítettük külön a bentonit-, és külön a zeolit-kezelések esetében.

Számos vizsgált talajparaméter között tapasztaltunk közepes korrelációt mind a bentonit-, mind a zeolit-kezeléseknél (4. táblázat). Bentonit-kezelések esetében közepes negatív korreláció volt a hidrolitos aciditás értékének csökkenése, és a cellulózbontó baktériumok mennyiségi előfordulása ( $r=-0,660$ ), valamint a növényi biotermészete mennyisége között ( $r=-0,567$ ). További közepes korrelációt a talaj nitrát-N tartalmának változása és a növényi biotermészete között ( $r=0,531$ ), az összes-csírászám és a cellulózbontó baktériumok mennyiségi előfordulása között ( $r=0,723$ ), valamint a talaj szén-dioxid termelése és a szacharáz enzim aktivitása között ( $r=0,654$ ) tapasztaltunk. Zeolit-

kezelések esetében közepes korreláció volt a talaj KCl-os közegben mért kémhatása és a talaj könnyen oldható foszfortartalma ( $r=0,647$ ), a cellulózbontó baktériumok mennyiségi előfordulása ( $r=0,709$ ), valamint a talaj biotermészete széntartalma ( $r=0,598$ ) között. Közepes negatív korrelációban a talaj hidrolitos aciditásának csökkenése és az AL-oldható foszfortartalom állt ( $r=-0,670$ ). Közepes pozitív korrelációt mértünk a cellulózbontó baktériumok mennyisége és a talajlégzés között ( $r=0,600$ ).

Bentonit-kezeléseknél szoros korrelációt véltünk felfedezni a talaj vizes közegben mért kémhatása és a biotermészete széntartalma között ( $r=0,888$ ), a cellulózbontó baktériumok mennyiségi előfordulása és a szacharáz enzim aktivitása ( $r=0,912$ ), valamint a talaj CO<sub>2</sub>-termelése és a biotermészete széntartalma között ( $r=0,786$ ). Zeolit kezelésekénél szoros korreláció volt a talaj KCl-os kémhatása és az összes-csírászám ( $r=0,793$ ), a talaj biotermészete széntartalma és a szacharáz enzim aktivitása között ( $r=0,841$ ).

Összefüggések a vizsgált talajtulajdonságok között (r)

Vizsgált talajtulajdonságok(1)		r(2)
<b>bentonit(3)</b>		
pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> (5)	Biomassza-C(6)	<b>**0,888</b>
Hidrolitos aciditás (y <sub>1</sub> )(7)	Cellulóz-bontó baktériumok(8)	*-0,660
	Növényi biomassza(9)	*-0,567
Nitrát-N tartalom(10)	Növényi biomassza(9)	*0,531
Összes-csírászám(11)	Cellulóz-bontó baktériumok(8)	*0,723
Cellulóz-bontó baktériumok(8)	Szacharáz(12)	<b>**0,912</b>
CO <sub>2</sub> – termelés(13)	Biomassza-C(6)	<b>**0,786</b>
	Szacharáz enzim(12)	*0,654
<b>zeolit(4)</b>		
pH <sub>(KCl)</sub> (14)	Hidrolitos aciditás (y <sub>1</sub> )(7)	*-0,655
	AL-foszfortartalom(15)	*0,647
	Cellulóz-bontó baktériumok(8)	*0,709
	Összes-csírászám(11)	<b>**0,793</b>
	Biomassza-C(6)	*0,598
Hidrolitos aciditás (y <sub>1</sub> )(7)	AL-foszfortartalom(15)	*-0,670
Cellulóz-bontó baktériumok(8)	CO <sub>2</sub> – termelés(13)	*0,600
Biomassza-C(6)	Szacharáz enzim(12)	<b>**0,841</b>

Korreláció analízis (r), kapcsolat erőssége; \*közepes; \*\*erős(16)

Table 4: The relation (r) between examined soil parameters

Examined characteristics of soil(1), Correlation co-efficient (r)(2), Bentonite(3), Zeolite(4), pH<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>(5), Biomass-C(6), Hydrolytic acidity (y<sub>1</sub>)(7), Cellulose-decomposing bacteria(8), Plant biomass(9), Nitrate-N content of soil(10), Total number of bacteria(11), Saccharase enzyme(12), CO<sub>2</sub>-production of soil(13), pH<sub>(KCl)</sub>(14), AL-phosphorus content(15), \*correlation is significant at the 0.05 level (2 tailed)-medium, \*\*correlation is significant at the 0.01 level (2 tailed)-tight(16)

**KÖVETKEZTETÉSEK**

A talaj kémhatása a kis dózisu kezelésekre hatására nőtt. A bentonit-kezelések nagyobb mértékben emelték a talaj kémhatását. A kémhatás emelkedésével a hidrolitos aciditás értékei – a bentonit-kezeléseknél szignifikánsan – csökkentek.

A talaj könnyen felvehető tápanyagtartalmának szempontjából a kis és közepes dózisok bizonyultak eredményesnek. A nagy dózis bentonit-kezelésnél csökkentette a talaj könnyen oldható tápanyagtartalmát, zeolit-kezelésnél a talaj nitrát-N tartalmát.

A talaj vizsgált mikrobiológiai tulajdonságainak szempontjából mindkét kezelésnél szintén a kis és közepes dózisok bizonyultak serkentőnek. A nagy dózisok mindkét kezelésnél csökkentették a cellulóz-bontó baktériumok számát, a talaj CO<sub>2</sub>-termelését, valamint a szacharáz enzim aktivitását.

Mind a bentonit-, mind a zeolit-kezelések növelték a növényi produktumot. Bentonit-kezeléseknél szignifikáns növekedést a kis és közepes dózis okozott, míg zeolit-kezeléseknél szignifikáns növekedést a nagy dózis hatására tapasztaltunk. A legnagyobb dózis mindkét kezelés esetében csökkentette a növényi szárazanyag-tartalmát.

A statisztikai elemzés során számos vizsgált talajparaméter között tapasztaltunk közepes

korrelációt. Bentonit-kezeléseknél szoros korrelációt véltünk felfedezni a talaj vizes közegben mért kémhatása és a biomassza széntartalma között (r=0,888), valamint a cellulóz-bontó baktériumok mennyiségi előfordulása és a szacharáz enzim aktivitása között (r=0,912). További szoros korrelációt a talaj CO<sub>2</sub>-termelése és a biomassza széntartalma között találtunk (r=0,786). Zeolit-kezeléseknél szoros korreláció volt a KCl-os közegben mért kémhatás és az összes-csírászám között (r=0,793), valamint a talaj biomassza széntartalma és a szacharáz enzim aktivitása között (r=0,841).

Összegzésképpen elmondható, hogy mind a bentonit-, mind a zeolit-kezelések kedvezően befolyásolták a savanyú homok textúrájú talaj néhány vizsgált kémiai és mikrobiológiai tulajdonságát, valamint a kezelésekre növelték a növényi szárazanyag mennyiségét is, mely paraméternél a bentonit-kezelések serkentőbbnek bizonyultak. A talaj tápanyagtókéjére vonatkozóan eredményesebben a zeolit-kezelések hatottak. A mikrobiológiai aktivitás szempontjából kedvezőnek bizonyult a bentonit-kezelés a cellulóz-bontó baktériumok mennyiségi előfordulása, a talaj CO<sub>2</sub>-termelése, valamint a szacharáz enzim aktivitása szempontjából, míg a zeolit-kezelések nagyobb mértékben serkentették az összes-csírászámot, valamint a biomassza széntartalmát.

## IRODALOM

- Balogh I. (1999): A talajjavítóanyag választék bővítésére irányuló kutatások főbb eredményei. Debreceni Agrártudományi Egyetem. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. Agrokémiai és Talajtani Szekció, „A Debreceni Agrártudományi Egyetem a Tiszántúli mezőgazdaságáért”. Debrecen, 1999. október 28-29. 57-62.
- Fekete J.-Stefanovits P. (2002): Dunántúli vörösgyagok fizikai és kémiai tulajdonságai. Agrokémia és Talajtan. Akadémiai Kiadó, Budapest, 51. 3-4: 305-324.
- Felföldy L. (1987): A biológiai vízminősítés (4. javított és bővített kiadás). In: Vízügyi Hidrobiológia 16. VIZDOK, Budapest. 172-174.
- Filep Gy. (1995): Talajvizsgálat (egyetemi jegyzet). Debrecen, 32-56, 68-71, 93-96, 105-107.
- Gerei L. (szerk.) (1970): Talajtani és agrokémiai vizsgálati módszerek. OMMI kiadvány. 17-19.
- Ghrais, A.-Ingwersen, J.-Streck, T. (2008): Immobilization of heavy metals in soil using nanoparticles produced from zeolitic tuff. Eurosoil (Vienna-Bécs) Augusztus 25-29. Soil-Society-Environment. Book of Abstracts. Winfried, E. H. et al. (Eds.) University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU) 211-212.
- Jenkinson, D. S.-Powelson, D. S. (1976): The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. Soil Biol. Biochem. 27/8, 209-213.
- Kazó B. (1981): Homoktalajok melioratív javítása hígtrágya, barnaszén, zeolit dezaggregátumokkal. Agrokémia és Talajtan. 30. 199-200.
- Kátai J. (1994): Javítóanyagok hatása a gyepek talajára. A gyepegzálkodás az állattartás szolgálatában, tudományos tanácskozási előadásai, Debreceni Gyepegzálkodási Napok 12. Tudományos Közlemények (szerk.: Nagy G.) 229-247.
- Kátai J.-Vágó I.-Sándor Zs.-Tállai M.-Varga A. (2007): A talaj néhány tulajdonságának változása műtrágya és baktérium készítmény (Bactofil A 10) alkalmazásakor. Erdei F. IV Tud. Konf. Kecskemét. 2007. augusztus 27-28. 947-950.
- Köhler M. (2000): Köhler Mihály munkássága II. kötet Válogatás publikációiból. Melioráció, környezetkímélő és ökológizálkodás, környezetvédelem. Debrecen.
- Lazányi J.-Karucka A. (2003): A bentonit hatása a Nyírségi homoktalaj vizsgálatára. EU konform, Mezőgazdaság és Élelmiszerbiztonság. I. kötet. SZIE, Gödöllő, 2003. jún. 5.
- Makádi M.-Henzsel I.-Lazányi J. (2003): Bentonit alkalmazása szántóföldi növénytermesztésben. Agrárgazdaság, Vidékfejlesztés és Agrárinformatika az évezred küszöbén (AVA), DE ATC Debrecen, április 1-2. 8-12.
- Márton Á.-Szabóné Cs. K. (2002): A riolitufa alkalmazásának hatásvizsgálata különböző kémhatású homoktalajokon. In: Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés. I. kötet. DE ATC Debrecen, 213-219.
- Muhlbachova, G.-Simon, T. (2003): Effects of zeolite amendment on microbial biomass and respiratory activity in heavy metal contaminated soils. Plant Soil and Environment. Vol. 49. Iss. 12. 536-541.
- Noble, A. D.-Gillmann, G. P.-Ruaysoongnern, S. (2000): A cation exchange index for assessing degradation of acid soil by further acidification under permanent agriculture in the tropics. European Journal of Soil Science. 51. 233-243.
- Pártay G.-Rajkainé V. K.-Lukács A. (2006): Kálium- migráció vizsgálata káliföldpáttal kezelt gyökérközegben. Agrokémia és Talajtan. Vol. 55. No. 2. 395-414.
- Pochon, J.-Tardieux, P. (1962): Techniques D'Analyse en Micobiologie du Sol. Collection „Techniques de Base”. Masson Co. Paris. 102.
- Schimmel, S. M.-Darley, W. M. (1985): Productivity and density of soil algae in an agricultural system. Ecology 66 (5) 1439-1447.
- Schnitzler, J.-Gruda, M.-Michalsky, T. (1994): Bringt Bentonit Vorteile bei der Anzucht von Gemüsejungpflanzen? Gartenbau – Magazin 3. 34-35.
- Shtina, E. A.-Bolshev, N. N. (1963): Algal communities in the soils of arid steppes and desert steppes. Bot. Zurn. 5. 670-680.
- Simon, L. (2001): Effects of natural zeolite and bentonite on the phytoavailability of heavy metals in chicory. In: Environmental Restoration of Metals Contaminated Soil. (Ed. Iskandar, I. K.) Lewis Publishers. Boca Raton. 261-271.
- Šperanda, M.-Šperanda, T.-Đidara, M.-Antunović, Z.-Rastija, V. (2008): The effects of a differently prepared natural zeolite clinoptilolite on weaned piglets. VII. Alps-Adria Scientific Workshop, Stara Lesna, Slovakia. Cereal Research Communications, Vol 36. Part III. 1547-1550.
- Solti G. (1987): Az Alginit. Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa, Budapest
- Szedler, B.-Makádi, M.-Szegei, T.-Tomócsik, A.-Simon, B. (2008): Biological and Agronomic indicators of the impact of field-scale bentonite application. VII. Alps-Adria Scientific Workshop, Stara Lesna, Slovakia. Cereal Research Communications, Vol 36. Part II. 911-914.
- Szegei J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 250-256.
- Tállai M. (2007): Bentonit hatása a talajmikrobák mennyiségi előfordulására, a CO<sub>2</sub>-képződésre, valamint a szacharáz enzim aktivitására. Agrártudományi Közlemények 26. Acta Agraria Debreceniensis Különszám. 287-293.
- Usman, A.-Kuzjakov, Y.-Stahr, K. (2005): Effect of clay minerals on immobilization of heavy metals and microbial activity in a sewage sludge-contaminated soil. Journal of Soils and Sediments. Vol. 5. Iss. 4. 245-252.
- Várallyay Gy. (2005): A talaj és a víz. In: A talajok jelentősége a 21. században. Szerk: Stefanovits P.-Michéli E. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, ISBN: 963-508-477-3. 61-64.
- Željko, B.-Davor, K.-Zlata, M.-Zlata, G.-Marko, V. (2007): Influence of zeolite application in laying hen breeding on biogas production. Cereal Research Communication Vol. 35. No. 2. 301-304.