

## Szennyvíziszapokkal bevitt, élelmiszerbiztonságot veszélyeztető és hasznos szimbióta mikrobák talaj- és dózisfüggő kolonizációja

Biró Borbála<sup>1</sup> – Beczner Judit<sup>2</sup> – Németh Tamás<sup>1</sup> – Rosario Azcon<sup>3</sup> – José Miguel Barea<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

<sup>2</sup>Központi Élelmiszertudományi Kutatóintézet, Budapest

<sup>3</sup>Spanyol Tudományos Akadémia Zaidini Kísérleti Kutatóintézete, Granada

E-mail: biro@rissac.hu

### Összefoglalás

Hazai 4 jellegzetes talaj szennyvíziszap-terhelését végeztük el tenyészedényes „tartam”-jellegű modellkísérletben. A nagy Zn-tartalmú (6157 mg.kg<sup>-1</sup> sz.a.) lakossági, és a nagy Cr-tartalmú (5226 mg.kg<sup>-1</sup> sz.a.) ipari iszap növekvő dózisait (0, 2.5, 5.0, 10 és 20 g.kg<sup>-1</sup>, azaz 0, 7.5, 15, 30 és 60 t.ha<sup>-1</sup> sz.a.) évente, 4 évig adagoltuk, zöldborsó (*Pisum sativum* L.) jelzőnövényvel. Meghatároztuk a hasznos arbuskuláris mikorrhiza gombák, valamint az élelmiszerminőség és biztonság miatt kiemelt néhány mikrobacsoport (Koliformok, *Enterobacter* sp...stb.), előfordulását. A biotrágya gombák kolonizációja kezdetben a dózisfüggő kiadagolással fokozódott, a kísérlet 3. évétől azonban a felvehető tápelemek és a feldúsuló nehézfémek is csökkenést okoztak. A potenciális kórokozók előfordulása a dózissal párhuzamosan nőtt, és számuk az évek során nem változott. A talajok között jelentős különbségek adódtak, így a savanyúbb homok- és erdőtalajokban a hasznos „biotrágyák” előfordulása kisebb, a kórokozók feldúsulási esélye pedig nagyobb volt.

### Summary

Impact of long-term sewage sludge application was studied in 4 Hungarian soil types in a microcosm experiment. Municipal sludge with Zn-content (6157 mg.kg<sup>-1</sup> d.w.) and industrial sludge with Cr-content (5226 mg.kg<sup>-1</sup> d.w.) were used as increasing doses (0, 2.5, 5.0, 10 and 20 g.kg<sup>-1</sup>, i.e. 0, 7.5, 15, 30 and 60 t.ha<sup>-1</sup> d.w.) for four years with green-pea (*Pisum sativum* L.). The presence of arbuscular mycorrhizal fungi and some pathogens (*Coliforms*, *Enterobacter* sp etc.) were studied. AM fungal colonization was increasing with doses and application. Their colonization and/or function, however was found to be reduced from the 3rd years due to the nutrient availability and/or the accumulating heavy metals. Potential pathogens, considered as food-quality and safety role was found to be increasing with the application rates of sludges. Great differences were found between the soil-types, used. Abundance of beneficial biofertilizer microbes was reduced, the potential pathogens, however was tending to be increasing in the more acidic sandy and forest soils.

### Bevezetés

A szennyvíziszapok mezőgazdasági alkalmazásánál az élelmiszerbiztonságot veszélyeztető, potenciális patogénként nyilvántartott mikroorganizmusok

előfordulása mellett a tápelemek felvételét segítő szimbiontákra általában kevés figyelem fordítódik (SZILI-KOVÁCS, 1985). A biotrágya mikrobák ugyanakkor fontos talajalkotók, mivel segítik a makroelemek (nitrogén, vagy a nehezen feltáródó foszfor) megkötését és/vagy mobilizálását. A szennyvíziszapok tartós kihelyezésénél a tápanyagok feldúsulásával párhuzamosan a talajsavanyodással és a nehézfémek káros hatásaival is számolni kell (SIMON et al., 2000). A szimbiontákat az előzetes talajhasználat mellett a felvehető tápanyagok mennyisége is befolyásolja. Nagy tápanyag-ellátottság mellett az előzetesen felszaporodott mikrobák nem tudják a hasznos tevékenységüket kifejteni (BIRÓ et al., 2007). A szennyvíziszapok talajokon való alkalmazásának ezért a biotrágya mikrobák szempontjából lehet egy feltöltő jellege. A felvehető tápelemek és a feldúsuló nehézfémek közötti kölcsönhatások tovább bonyolítják az alkalmazási limitet a talajtulajdonságok függvényében is (SIMON, 1996). Érdemes tehát a talajokat, mint az egyik legfontosabb befolyásoló szempontot is vizsgálatba venni a dózisok mellett.

A szennyvíziszapok termőterületeken történő alkalmazásánál a másik fontos szempont az ételminőség és biztonság kérdése, azaz a potenciálisan feldúsuló patogén mikroorganizmusok jelenléte, vagy az eliminációs lehetőségek ismerete (BIRÓ et al., 2004). A talaj ugyanis, annak komplex, fizikai-kémiai-biológiai tulajdonságainak függvényében képes ezeket a mikrobákat életben tartani, így azok a vegetációs időszak folyamán bekerülhetnek a táplálékláncba tényleges, ételminőség-eredetű káreseteket is létrehozva (BECZNER et al., 2004). A rendszeres szennyvíziszap-elhelyezés növelheti ezek feldúsulásának az esélyét is, de kevés adat van az egyes mikrobacsoportok érzékenységre vonatkozóan.

A fenti ismeretek alapján tartamhatású tenyészedényes kísérletet hoztunk létre a felvetett kérdések talaj- és szennyvíziszap, valamint mikroba-függő tanulmányozására.

### Anyag és módszer

Hazai 4 talajféleség (mészlepedékes csernozjom, Nagyhörccsök; meszes homok, Örbottyán; barna erdőtalaj, Gyöngyös; savanyú homok, Nyírlugos) szennyvíziszap-terhelését végeztük el tenyészedényes „tartam”-jellegű modellkísérletben 4 vizsgálati éven át. A nagy Zn-tartalmú (6157 mg.kg<sup>-1</sup> sz.a.) lakossági és a nagy Cr-tartalmú (5226 mg.kg<sup>-1</sup> sz.a.) ipari, bányászati iszap növekvő dózisait (0; 2,5; 5,0; 10 és 20 g/kg, azaz 0; 7,5; 15; 30 és 60 t/ha sz.a.) évente adagoltuk. Az adagok megállapításánál az alkalmazási gyakorlatot vettük figyelembe. Jelzőnövényként zöldborsót (*Pisum sativum* L.) vetettünk. Évenként meghatároztuk a hasznos mikorrhiza gombák (AMF), és a potenciálisan patogén mikroorganizmusok (pl. kóli-titer, *Enterobacter*-, *Salmonella*-...stb.) előfordulását TROUVELOT et al. (1986) és BEUCHAT (1996) módszereivel. A talajok felvehető és a növényi részek összes elemtartalmát ICP

analízissel, az adatokat variancia-analízissel elemeztük. A talajtulajdonságokat az 1. táblázat jelzi.

**1. táblázat.** A kísérleti talajok főbb fizikai-kémiai tulajdonságai

	pH		Arany-f kötöttség	össz- Só, %	CaCO <sub>3</sub> %	Leisz. rész, %	humusz %
	H <sub>2</sub> O	KCl					
<b>csernozjom</b>	8,1	7,6	40	0,02	10	36	2,55
<b>m. homok</b>	8,3	7,3	22	0	15	6	0,69
<b>b. erdőtalaj</b>	6,8	5,8	44	0,04	0	57	3,05
<b>s. homok</b>	5,4	3,9	25	0	0	5	0,71

### Eredmények és értékelésük

#### *A talajok tápelem- és nehézfém-tartalmának alakulása*

A 2. táblázat a N és a P, valamint a Zn és a Cr értékeit mutatja be a 3. évben. A tesztelt elemek mennyisége az iszapok növekvő dózisaival arányos mértékben nőtt. A foszfort legnagyobb mennyiségben a savanyú erdőtalaj, legkisebb mértékben pedig a meszes csernozjom tartalmazta. Mennyisége igen szélsőséges körülmények között alakult (54,7-2320 mg.kg<sup>-1</sup> sz. talaj) a legkisebb és a legnagyobb iszapdózisnak megfelelően. A nitrogén-tartalomra a talajok az iszap-adagolás mellett is kiegyenlítettebb tendenciát mutattak. A legkisebb érték 5,8- a legnagyobb pedig 60,9 mg.kg<sup>-1</sup>-nak adódott. A N<sub>2</sub>-kötők a környezeti stressz igen érzékeny indikátorai. Bizonyos izolátumok a nehézfémekhez való lassú fokozatos, vagy hirtelen, gyors alkalmazkodásuk szerint érzékenyebbek, vagy toleránsabbakká váltak (BIRÓ et al. 2007). Ennek megfelelően ugyanakkor a Cr felvehetősége a tartamhatású alkalmazás során is egyenletesen növekszik, a Zn mennyisége pedig, az 1. és a 3. évek között egy adott dózisonál csökkenő tendenciát mutat.

#### *A mikorrhizációs kolonizáció és a gombák talajfüggő működőképessége*

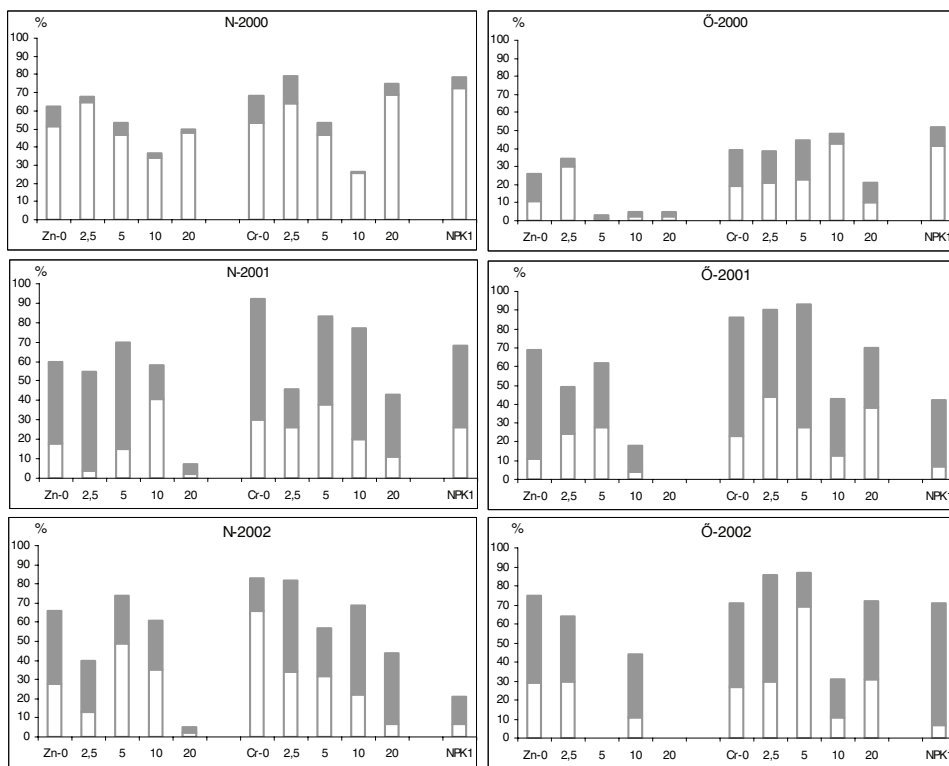
A mikorrhiza gombák mennyiségének (M%) és a működőképességüket jelző arbuszkulum gazdagságnak (A%) az alakulását a szennyvíziszapok növekvő dózisaival és az évek függvényében az 1. ábra mutatja be. Megállapítható a gombák aktivitására ható feltöltő jelleg kialakulása, illetve a talajok közötti lényegi különbségek jelentkezése. A kis humusz-tartalmú őrbottyáni talajban lényegesen alacsonyabb kolonizáció alakult ki, mint a Nagyhorcsöki humuszos homokban. A kezdeti különbségek kiegyenlítődnek a 2. évtől kezdve és a gombák működőképessége ekkor éri el a maximumát. A szennyvíziszap-mennyiségek talajfüggő hatásait jelzi, hogy az őrbottyáni homokon a gomba aktivitása egyenletesebb a kisebb dózisonál. A 3. évtől kezdve a gombák

aktivitása csökkenni kezd a tápelem-felvehetőség javulása és/vagy a feldúsuló nehézfémek hatására.

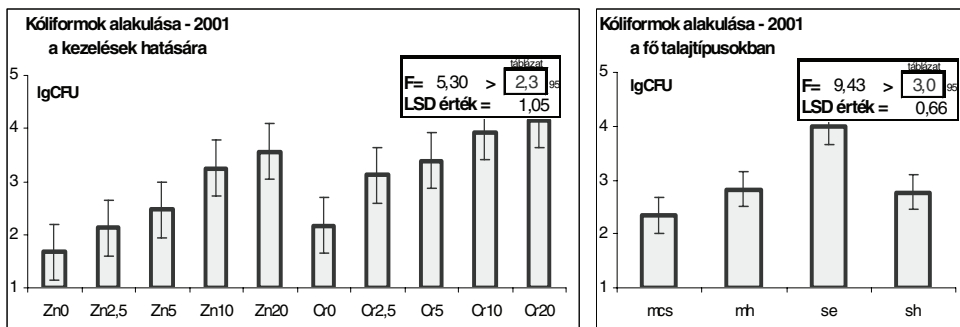
**2. táblázat.** Talajokból felvehető tápelemek (N, P) és nehézfémek (Zn, Cr) mennyiségének alakulása (n=3 és szórás) a növekvő (0, 5 és 20 mg.kg<sup>-1</sup>) iszap-terhelés hatására 4 hazai talajon, a kísérlet 3. évében (Budapest, 2002)

talaj	elem <sup>+</sup>	Kommunális iszap			Ipari iszap		
		0	5	20	0	5	20
meszes csernozjom	N	11,0 (3,1)	19,7 (2,3)	59,5 (2,4)	10,9 (2,3)	14,2 (2,0)	60,9 (7,3)
	P	55,9 (2,1)	235,5 (24,7)	915,5 (108,2)	54,7 (7,4)	85,4 (2,8)	192,5 (0,7)
	Zn	7,8 (1,4)	60,0 (10,4)	254,5 (30,5)	8,5 (1,6)	13,3 (1,5)	19,4 (5,4)
	Cr	0,2 (0,1)	0,4 (0,0)	1,3 (0,0)	0,1 (0,0)	5,0 (0,4)	19,8 (5,2)
meszes homok	N	8,3 (0,9)	10,3 (5,0)	37,6 (21,0)	7,5 (1,1)	6,9 (1,6)	44,3 (22,2)
	P	91,3 (2,0)	285,5 (2,9)	797,0 (67,9)	92,6 (0,1)	116,5 (2,9)	217,0 (2,8)
	Zn	8,7 (1,3)	54,8 (5,2)	189 (15,6)	8,8 (0,2)	10,5 (1,2)	13,3 (1,0)
	Cr	0,1 (0,0)	0,5 (0,0)	1,5 (0,1)	0,2 (0,0)	4,3 (0,0)	17,0 (1,7)
savanyú erdő	N	13,3 (5,3)	20,3 (12,3)	52,8 (2,4)	17,7 (2,1)	10,5 (0,5)	12,9 (1,5)
	P	485,5 (29,0)	935,5 (89,9)	2320,0 (70,7)	469,0 (5,7)	493,1 (39,1)	485,8 (15,8)
	Zn	17,9 (0,3)	107,0 (9,9)	385,5 (17,6)	21,6 (3,5)	22,5 (4,1)	26,3 (0,3)
	Cr	0,2 (0,0)	1,0 (0,3)	2,8 (0,1)	0,3 (0,0)	5,3 (0,8)	17,4 (1,9)
savanyú homok	N	7,2 (0,4)	9,3 (0,4)	12,0 (3,4)	6,3 (0,6)	5,8 (2,6)	30,6 (9,7)
	P	70,6 (4,1)	466,5 (87,0)	1450,0 (141,4)	51,1 (3,6)	137,5 (10,6)	226,5 (6,4)
	Zn	5,9 (1,7)	65,9 (8,8)	212,0 (17,0)	6,9 (1,1)	11,2 (0,9)	12,3 (0,6)
	Cr	0,1 (0,0)	2,9 (0,6)	8,5 (0,3)	0,1 (0,0)	6,6 (1,5)	18,2 (1,4)

<sup>+</sup>szignifikáns különbségek (LSD<sub>5%</sub>) alakulása: N=8,7; P=48,1; Zn=10,0; Cr=0,6



**1. ábra.** A mikorrhiza gomba kolonizációjának (M%-teljes oszlop) és a működésüket jelző arbuszkulum gazdagságának (A%-sötétített rész) az alakulása 0, 2,5, 5, 10 és 20 mg.kg<sup>-1</sup> szennyvíziszap-terhelés hatására 3 éven át



**2. ábra.** Az élelmiszer-minőség és -biztonság miatt kiemelt koliformok számának alakulása kommunális és ipari szennyvíziszapok növekvő adagjai hatására 4 hazai reprezentatív talajon (jelölések a szövegben)

### *Az iszapokkal feldúsuló potenciális patogének előfordulása*

A szennyvíziszapokkal az élelmiszer-minőséget és -biztonságot veszélyeztető mikroorganizmusok előfordulásának a veszélye is nő, közülük hatféle mikrobacsoport előfordulását ellenőriztük. Mindegyik mikrobacsoportra igazolódott, hogy számuk, mennyiségük a szennyvíziszap-dózisokkal arányosan növekedett az adott talajokban. A koliformok abundanciáját mutatja be a 2. ábra. Megállapítható, hogy mindkét kommunális iszap hatására a koliformok száma egyenletesen nőtt. A kétféle iszap között nem, de a talajok között lényeges különbségek adódtak. A 4 vizsgált talaj közül a savanyú barna erdőtalajban szignifikánsan nagyobb számban tudtak megmaradni a vegetációs időszak végére. Ez a jelenség az élelmiszerminőség szempontjából figyelembe veendő akkor is, ha az évek során való ismételt alkalmazásokkal a koliformok nem akkumulálódtak (adatokat nem mutatunk).

### **Következtetések**

A növekvő szennyvíziszap-adagolással a patogének előfordulásának kockázata nő, a „biotrágya” mikrobák kolonizációja és működőképessége pedig csökken, ami a talajfüggő monitoring szükségességére hívja fel a figyelmet. A fenti kutatást bilaterális együttműködések, az OTKA és a NATO "linkage" programja támogatták.

### **Irodalomjegyzék**

- BIRÓ B., BECZNER J., NÉMETH T. (2004): Problems on sludge. The Hungarian point of view. In: Problems around sludge. The accession countries perspectives. Joint DG/JRC, DG ENV Workshop (Eds. GAWLIK et al). 31-36. EU-IES, ISPRA, Italy
- BIRÓ B., PACSUTA P., SIMON L. (2007): Sensitive or tolerant adaptation of *Rhizobium* bacteria as a function of the short and long-term loads of the Zn metal salt. *Cereal Res. Commun.*, **35**. 261-265.
- BEUCHAT L.R. (1996): Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. *J. Food Protection*, **59**. 204-216.
- BECZNER J., BIRÓ B., KORBÁSZ M., JANKÓ SZ. (2004): A talaj mint a növényi eredetű élelmiszerek mikrobás szennyezettségének a forrása. *Konzervíjság* **3**. 81-84.
- SIMON L., PROKISCH J., GYÖRI Z. (2000): Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica nehézfém-akkumulációjára. *Agrokémia és Talajtan* **49**. 247-255.
- SIMON L. (1996): Szennyvíziszap komposztálás és hasznosítás Nyíregyházán, az I. sz. szennyvíztelepen. Komposztált szennyvíziszap hatása mezőgazdasági haszonnövények tápelem felvételére és nehézfém akkumulációjára. In: Magyar Hidrológiai Társ. (MHT) XIV. Orsz. Vándorgy. Sopron, Vol. II. (Szerk.: DUDINSZKY L-né). 829-847. MHT. Budapest.
- SZILI-KOVÁCS T. (1985): A szennyvíziszap elhelyezés talajmikrobiológiai problémái. *Agrokémia és Talajtan* **34**. 486-493.
- TROUVELOT A., KOUCHT J.L., GIANINAZZI-PEARSON V. (1986): Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Ler Symposium Européen sur les Mycorrhizes. INRA Paris. pp. 217-221.