

Különböző módon előkezelt települési szennyvíziszapok hatása a talaj „felvehető” nehézfém-tartalmára

Uri Zsuzsanna – Simon László

Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Kar,
Tájkasdájkodási és Vidékfejlesztési Tanszék, Nyíregyháza
E-mail: urizs@nyf.hu

Összefoglalás

A nyíregyházi földmedencében rothasztott, búzaszalmával komposztált szennyvíziszapnak, a debreceni anaerob módon rothasztott, majd víztelenített szennyvíziszapnak és a miskolci granulált, riolituffa örleménnyel és karbidmészsel érlelt szennyvíziszapnak a talaj „felvehető” elemtartalmára gyakorolt hatását tanulmányoztuk tenyészedényes kísérletekben. Megállapítottuk, hogy a talajmintákban az „összes” és a „felvehető” mennyiségek aránya elemenként eltérő volt. Az iszapoknak a talaj Lakanen-Erviö extrakcióval oldatba vihető elemtartalmára gyakorolt hatására irányuló kutatómunkánk elsősorban a Cu, Zn és Cd fokozott mobilitását igazolta. A vizsgált nehézfémek közül a Cr talajbani megkötődése volt a legkifejezettebb. Mindez előrevetítette ezen elemek jelzőnövényekben való megjelenését.

Summary

Effect of the sewage sludge from Nyíregyháza (which was composted with wheat straw after digestion in earth-basin), sewage sludge from Debrecen (which was anaerobically digested, and was dewatered), and sewage sludge from Miskolc (which was mixed with rhyolite tuff and carbide lime, and was matured after granulation) on the „phytoavailable” element concentration of soil was studied in pot experiments. It was found that the rate of „total” and „phytoavailable” heavy metal concentrations in sludge-treated soil samples was different in case of each element. Cu, Zn and Cd were present in soil fraction that was potentially available for plant uptake. The mobility and phytoavailability of Cr was definitively lower since it was bound to soil colloids. It predicted that these elements will be accumulated in test plants.

Bevezetés

Az Európai Unióban régóta és egyre nagyobb mennyiségben használnak fel szennyvíziszapot a mezőgazdaságban talajjavítás és tápanyag utánpótlás céljából. Hazánkban az EU-direktívákkal megegyezően a mezőgazdasági elhelyezésben és hasznosításban rejlő lehetőségeket kell előtérbe helyezni (JUHÁSZ, 2000).

A települési szennyvíziszapok mezőgazdasági elhelyezésének alapvető feltétele azok kezelése. A megfelelően kezelt iszap növeli a talaj termékenységét, serkenti a növények növekedését és fejlődését, amelyet számos korábbi vizsgálat bizonyított (SOLEROVIRA et al., 1996; SIMON & SZENTE, 2000; EPSTEIN, 2002; HAIDEKKER, 2002; VERMES, 2003).

A szennyvíziszap trágyaként történő alkalmazása azonban a többi trágyaféleségnél nagyobb kockázatot jelenthet a benne előforduló fertőző, káros és toxikus anyagok következtében, utóbbiak közül egyes szerves szennyezőanyagok, valamint a nehézfémek veszélyesek (TAMÁS, 1995; SOLERROVIRA et al., 1996, SIMON et al., 2000, EPSTEIN, 2002; VERMES, 2003; AMIR et al., 2005).

A talajba bevitt és ott jelenlévő összes toxikus anyag nem mind vehető fel a növények számára, mivel a káros anyagok nagyobb része erősen megkötődhet a talajban (ásványokban, oxidokban) (KÁDÁR, 1999). A talaj nehézfém-tartalmának megítéléséhez éppen ezért az úgynevezett „összes” fémtartalom mellett, a növények által „felvehető” fémtartalom mérése is fontos. Ez utóbbi meghatározása azonban nem egyszerű és nem egyértelmű, mert függ a növényfajtól és -fajtától, az iszap és a talaj pH-jától, a talaj nedvességtartalmától, szervesanyag-tartalmától és kationcserélő-kapacitásától (KÁDÁR, 1999; SILVEIRA et al., 2003; HE et al., 2005). A talajban mért mobilis nehézfém-készlet az összes elemtartalomtól, a feltáródás viszonyaitól és az alkalmazott extraháló szertől is függ (FILEP, 1988; AMIR et al., 2005).

Jelen kísérlet sorozatunk célja három különböző módon előkezelt települési szennyvíziszap hatásának tanulmányozása volt a talaj „felvehető” elemtartalmára (Lakanen-Erviö extrakcióval oldatba vihető elemtartalom meghatározása).

Anyag és módszer

A tenyészedényes kísérletekhez használt kezeletlen alaptalaj a Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Karának bemutatókertjéből, a felső 30 cm-es rétegből származott. A Ramann-féle rozsdabarna erdőtalaj legfontosabb jellemzői az alábbiak voltak: pH (H₂O) 7,66; pH (KCl) 7,48; leiszapolható rész 24,9%; humusztartalom 1,3%; összes karbonáttartalom CaCO₃ 5,9%; összes vízdoldható sótartalom 0,03%; felvehető tápanyagtartalom: P₂O₅ 1396±20 mg/kg, K₂O 725,11±55 mg/kg, Mg 295,2± 32 mg/kg, NO₃⁻ + NO₂⁻ 46,17±2 mg/kg. A talaj toxikus elem koncentrációja (Cd–0,99; Cr–15,6; Cu–15,1; Ni–8,77; Pb–43,6; Zn–71,3 mg/kg sz.a.) nem haladta meg a vonatkozó 50/2001. (IV. 3.) Kormányrendeletben előírt határértékeket.

Munkánk során Magyarország három megyei jogú városának (Nyíregyháza, Debrecen, Miskolc) különbözőképpen kezelt települési szennyvíziszapjait tanulmányoztuk. A vizsgálatokhoz az iszapokból térbeli átlagmintát vettünk. A nyíregyházi földmedencében rothasztott szennyvíziszapot búzaszalmával komposztálták, mely komposzt alapjellemezői és nehézfém-tartalma a következők voltak: pH (H₂O) 6,35; összes vízdoldható sótartalom 3,21%; összes szervesanyag-tartalom 21,9%; összes (Kjeldahl) N 0,99±0,05 mg/kg; összes P 6827±225 mg/kg; összes K 2707±15 mg/kg; Cd–2,54; Cr–29,3; Cu–92,2; Ni–11,8; Pb–93,1; Zn–792 mg/kg sz.a.. A debreceni iszapot anaerob módon

rothasztották, majd víztelenítették, paramétereit az alábbiak szerint alakultak: pH (H₂O) 6,51; összes vízdoldható sótartalom 7,40%; összes szervesanyag-tartalom 55,23%; összes (Kjeldahl) N 3,68±0,3 mg/kg; összes P 20400±265 mg/kg; összes K 1833±38 mg/kg; Cd–2,42; Cr–166; Cu–319; Ni–22,3; Pb–84,4; Zn–1091 mg/kg sz.a.. A miskolci granulált iszapot riolittufa örleménnyel és karbidmészsel keverték és érlelték, mely tápanyagkeverék legfontosabb jellemzői az alábbiak voltak: pH (H₂O) 12,52; összes vízdoldható sótartalom 2,80%; összes szervesanyag-tartalom 9,12%; összes (Kjeldahl) N 0,34±0,02 mg/kg; összes P 1307±175 mg/kg; összes K 1427±110 mg/kg; Cd–1,29; Cr–14,7; Cu–41,1; Ni–3,38; Pb–25,5; Zn–222 mg/kg sz.a.. Az iszapok viszonylag szennyezetlenek voltak nehézfémekkel, tehát e paramétereik a mezőgazdasági hasznosítást lehetővé tették.

Az iszapterheléses kísérleteket a Nyíregyházi Főiskola Táj- és Környezetgazdálkodási Tanszékének növénynevelő fényszobájában végeztük 2001-2003 között. A tesztnövényeket kezeletlen talajon (kontroll), illetve talaj-iszap keverékeken neveltük. A szennyezetlen Ramann-féle rozsdabarna erdőtalajt először 2,5%, illetve 10% (m/m) szennyvíziszappal kezeltük, majd a következő tenyészedényes kísérletekben az iszapok arányát a kezdeti 2,5%-os kis dózistól 5%-ra, majd 7,5%-ra, végül 10%-ra emeltük. A nagyobb, 10%-os kezdeti dózist 15%-ra emeltük, és ezt az arányt a továbbiakban nem változtattuk meg, csupán utóhatásukat vizsgáltuk. Az iszapterheléses kísérletsorozatban a jelzőnövények rozs (*Secale cereale* L. cv. Kisvárdai legelő), szudánifű (*Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf. cv. Gardavan), őszi káposztarepce (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg. Ap. Sinsk. cv. Emerald), takarmányborsó (*Pisum sativum* L. (partim) cv. IP 5) sorrendben követték egymást.

Az „összes” elem koncentrációjának meghatározását megelőzően a vizsgált talaj- és szennyvíziszap mintákat KOVÁCS et al. (2000) módszerét követve a MSZ 21470-50:1998 szabványban leírtakat is figyelembe véve cc. HNO₃ és cc. H₂O₂ elegyével roncsoltuk el. A Lakanen-Erviö kivonatot (LAKANEN & ERVIÖ, 1971) a biológiailag potenciálisan „felvehető” elemtartalom becsléséhez az MSZ 21470-50:1998 szabvány előírásainak megfelelően készítettük el. A roncsolatok és extraktumok elemanalízisét induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometria (ICP-OES) technika alkalmazásával végeztük el.

A tenyészedényes kísérletek eredményeinek statisztikai elemzését SPSS 12.0.1 programmal, varianciaanalízist alkalmazva, a Tukey-féle b-teszt alapján végeztük el.

Eredmények

A települési szennyvíziszapoknak a talaj „felvehető” elemtartalmára gyakorolt hatását a 1-3. táblázatok foglalják össze.

A nyíregyházi szennyvíziszap kompozit hatására a kísérleti talaj „felvehető” elemtartalma valamennyi nehézfém esetén megemelkedett a kontrollhoz viszonyítva a vizsgált időpontokban. A kísérletsorozat első évében (2001-ben) közvetlenül az iszap kijuttatása után, a dózis növelésével az elemek koncentráció-növekedése is kifejezettebb volt. A nyíregyházi iszap nagy adagjának hatására a „felvehető” Cu és Pb mennyisége közel kétszer, a mobilis Zn 2,6-szor volt több a kontrollhoz képest. 2003-ban a dózisok között a Cd és a Pb esetén volt statisztikailag igazolható különbség kimutatható (1. táblázat).

A nyíregyházi szennyvíziszap különböző dózisaival kezelt talajban az „összes” és a „felvehető” koncentrációk aránya elemenként eltérő volt. A kezelés hatására a „felvehető” frakció az „összes” készlet %-ában kifejezve az alábbi sorrendet adta 2001-ben: Cu > Zn > Cd > Pb > Ni > Cr, illetve 2003-ban: Cu > Cd > Ni > Zn > Pb > Cr.

Idővel csökkent a Cd, Ni, Pb és Zn esetén az oldható frakció mennyisége, de a talajbani megkötődés, illetve valószínűleg a növényi felvétel elemenként nem azonos sebességgel ment végbe. Ez a Cd, Pb és Zn esetében volt a legkifejezettebb. Az NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalom 52-56, 53-59, 39-64 %-kal volt kevesebb 2003-ban, mint 2001-ben. A felvehető Cr-készlet viszont kismértékben, míg a Cu-tartalom jelentősen nőtt a 3 év alatt (1. táblázat).

A debreceni anaerob rothasztott szennyvíziszappal kezelt talaj Lakanen-Erviő módszerrel oldható elemtartalma lényegesen megemelkedett mindkét vizsgált időpontban a kontrollhoz viszonyítva. Az iszapmennyiség növelésével a „felvehető” nehézfém-tartalom is szignifikánsan növekedett. Ez 2001-ben a Cr, Cu és Zn, 2003-ban pedig a Cd, Cu, Pb és Zn esetében volt a legkifejezettebb (2. táblázat).

A debreceni iszap kis dózisének kijuttatásával a „felvehető” frakcióra az „összes” készlet %-ában kifejezve az alábbi csökkenő sort állíthatjuk fel 2001-ben: Zn > Cd > Cu > Pb > Ni > Cr, illetve 2003-ban: Zn > Cu > Cd > Ni > Pb > Cr, míg a nagy dózis esetében ez 2001-ben Zn > Cu > Cd > Pb > Ni > Cr, és 2003-ban Cu > Zn > Cd > Ni > Pb > Cr sorrendre módosult. Megállapítható továbbá, hogy az iszappal kevert talaj Cr-tartalmának „felvehető” hányada a nagymértékű Cr-szennyezés ellenére alacsony maradt.

A „felvehető” elemtartalom időbeni alakulását értékelve láthatjuk, hogy – kis dózis esetén – míg a Cd, Cr, Ni, Pb és Zn felvehetősége csökkent, addig a könnyen oldható Cu mennyisége 60 %-kal nőtt a vizsgált időtartam alatt. A nagy adagú iszappal kezelt talajban a felvehető Cu-, Pb- és Zn-készlet dúsulását tapasztaltuk 2003-ban 2001-hez viszonyítva (2. táblázat).

1. táblázat. A nyíregyházi szennyvíziszap komposzt hatása a talaj „felvehető” elemtartalmára (tenyészedényes kísérlet, Nyíregyháza)

(1) Elemek (mg/kg sz.a.)	(2) „Felvehető” elemtartalom Lakanen-Erviö kivonással			(3) „Felvehető” az „összes” %-ában*		
	(4) Kontroll (0%)		(5) Nyíregyházi szennyvíziszap komposzt		Kontroll (0%)	
					Nyíregyházi szennyvíziszap komposzt	
			(6) kis dózis	(7) nagy dózis	kis dózis nagy dózis	
2001						
Cd	0,47 ^a	0,50 ^b	0,59 ^c	40,1	42,7	47,2
Cr	0,29 ^a	0,32 ^a	0,40 ^b	1,78	1,98	2,33
Cu	6,95 ^a	8,24 ^b	12,3 ^c	42,4	46,3	51,3
Ni	1,85 ^a	1,84 ^a	2,04 ^b	18,5	19,7	21,4
Pb	3,79 ^a	4,69 ^b	6,84 ^c	24,6	27,1	29,1
Zn	27,7 ^a	38,7 ^b	73,0 ^c	40,6	45,1	51,0
2003						
Cd	0,18 ^a	0,24 ^b	0,26 ^c	15,8	17,9	19,7
Cr	0,34 ^a	0,40 ^{ab}	0,46 ^b	2,10	2,19	2,54
Cu	8,34 ^a	17,7 ^{ab}	20,3 ^b	59,6	74,4	74,4
Ni	1,66 ^a	1,77 ^a	1,75 ^a	16,1	17,7	17,0
Pb	0,82 ^a	2,20 ^b	2,81 ^c	1,19	3,09	4,01
Zn	14,3 ^a	24,4 ^b	26,4 ^b	16,6	17,4	16,9

Tukey-féle b-teszt. Az egyes elemek adatain belül a különböző mintavételi időpontokban P=0,05 szinten statisztikailag szignifikáns a különbség, amennyiben azok különböző betűindexet kaptak. *Az „összes” elemtartalmat korábbi publikációinkban közöltük (URI et al., 2005; URI és SIMON, 2006).

2. táblázat. A debreceni anaerob rothasztott szennyvíziszap hatása a talaj „felvehető” elemtartalmára (tenyészedényes kísérlet, Nyíregyháza)

(1) Elemek (mg/kg sz.a.)	(2) „Felvehető” elemtartalom Lakanen-Erviö kivonással			(3) „Felvehető” az „összes” %-ában*		
	(4) Kontroll (0%)		(5) Debreceni szennyvíziszap		(6) Kontroll (0%)	
			(7) Debreceni szennyvíziszap			
			(6) kis dózis	(7) nagy dózis		
2001						
Cd	0,47 ^a	0,52 ^b	0,62 ^c	40,1	43,0	49,6
Cr	0,29 ^a	0,61 ^b	1,29 ^c	1,78	3,10	4,11
Cu	6,95 ^a	10,6 ^b	19,6 ^c	42,4	44,7	43,9
Ni	1,85 ^a	2,11 ^b	2,44 ^c	18,5	21,4	23,2
Pb	3,79 ^a	5,09 ^b	7,67 ^c	24,6	28,9	33,9
Zn	27,7 ^a	48,3 ^b	102 ^c	40,6	49,6	63,4
2003						
Cd	0,18 ^a	0,23 ^b	0,51 ^c	15,8	19,0	42,9
Cr	0,34 ^a	0,50 ^b	0,64 ^c	2,10	1,77	1,71
Cu	8,34 ^a	26,5 ^b	39,9 ^c	59,6	62,8	68,4
Ni	1,66 ^a	1,81 ^a	2,27 ^b	16,1	15,2	19,6
Pb	0,82 ^a	1,29 ^a	8,54 ^b	1,19	1,91	12,7
Zn	14,3 ^a	31,1 ^b	144 ^c	16,6	19,4	89,4

Tukey-féle b-teszt. Az egyes elemek adatain belül a különböző mintavételi időpontokban P=0,05 szinten statisztikailag szignifikáns a különbség, amennyiben azok különböző betűindexet kaptak. *Az „összes” elemtartalmat korábbi publikációinkban közöltük (URI et al., 2005; URI és SIMON, 2006).

A 3. táblázatban közölt adatokból láthatjuk, hogy 2001-ben a miskolci riolittufával és karbidmészsel érlelt, granulált szennyvíziszap mindkét dózisa szignifikánsan megemelte a kísérleti talaj NH₄-acetát+EDTA oldható Cu- és Pb-tartalmát a kontrollhoz viszonyítva, míg a Cr és Zn esetében csupán a nagy dózissal értünk el hasonló hatást. A „felvehető” Ni-tartalomban az iszap lényeges változást nem idézett elő, a Cd mennyisége viszont szignifikánsan csökkent. A kísérletsorozat végén (2003-ban) a miskolci iszap mindkét dózisa fokozta a Lakanen-Erviö oldható Cd és Zn felhalmozódását a talajban, a Cr, Cu és Pb statisztikailag igazolható változást nem mutatott, a Ni mobilitása pedig egyértelműen csökkent a kezeletlen talaj értékeihez képest (3. táblázat).

3. táblázat. A miskolci granulált, riolittufával és karbidmészsel érlelt szennyvíziszap hatása a talaj „felvehető” elemtartalmára (tenyészedényes kísérlet, Nyíregyháza)

(1) Elemek (mg/kg sz.a.)	(2) „Felvehető” elemtartalom Lakanen-Erviö kivonással		(3) „Felvehető” az „összes” %-ában*			
	(5) Miskolci szennyvíziszap		Kontroll (0%)	Miskolci szennyvíziszap		
	(4) Kontroll (0%)	(6) kis dózis		(7) nagy dózis	kis dózis	nagy dózis
	2001					
Cd	0,47 ^c	0,31 ^a	0,33 ^b	40,1	26,3	25,6
Cr	0,29 ^a	0,28 ^a	1,42 ^b	1,78	1,77	8,71
Cu	6,95 ^a	8,41 ^b	10,2 ^c	42,4	48,1	49,3
Ni	1,85 ^a	1,90 ^a	1,85 ^a	18,5	20,6	20,6
Pb	3,79 ^a	4,51 ^c	4,09 ^b	24,6	26,7	23,2
Zn	27,7 ^a	24,9 ^a	34,2 ^b	40,6	36,7	39,8
2003						
Cd	0,18 ^a	0,35 ^b	0,35 ^b	15,8	33,3	28,7
Cr	0,34 ^a	0,36 ^a	0,36 ^a	2,10	2,18	2,08
Cu	8,34 ^a	16,5 ^a	12,1 ^a	59,6	98,2	60,5
Ni	1,66 ^b	1,32 ^a	1,13 ^a	16,1	13,1	11,8
Pb	0,82 ^a	1,17 ^a	0,87 ^a	1,19	1,93	1,54
Zn	14,3 ^a	41,5 ^b	37,4 ^b	16,6	50,4	42,3

Tukey-féle b-teszt. Az egyes elemek adatain belül a különböző mintavételi időpontokban P=0,05 szinten statisztikailag szignifikáns a különbség, amennyiben azok különböző betűindexet kaptak. *Az „összes” elemtartalmat korábbi publikációinkban közöltük (URI et al., 2005; URI és SIMON, 2006).

A miskolci tápanyagkeverékkel kezelt talajban a „felvehető” frakció az „összes” nehézfém-tartalom %-ában kifejezve a következő sorrendet adta 2001-ben a kis dózis esetében: Cu > Zn > Pb > Cd > Ni > Cr, illetve a nagy dózissnál: Cu > Zn > Cd > Pb > Ni > Cr. Míg 2003-ban, a kísérletsorozat végén mindkét dózis esetén a sorrend az alábbiak szerint alakult: Cu > Zn > Cd > Ni > Cr > Pb.

A miskolci iszappal kevert talajban az oldható Ni és Pb, illetve a nagy adagú kezelésnél a Cr frakciók 2001-2003 között oldhatatlan formákká alakultak át, míg a Cd, Cu és Zn, illetve a kis adagú kezelésnél a Cr felvehetősége a várttal ellentétben növekedett a vizsgált 3 év alatt (3. táblázat).

Következtetések

Összefoglalásul megállapítható, hogy a talajmintákban az „összes” és „felvehető” koncentrációk aránya elemenként eltérő volt. A kezelések hatására a kontrollhoz képest az iszapokkal kevert talaj Cr-tartalmának Lakanen-Erviö extrakcióval oldatba vihető hányada alacsony maradt, míg a Cu-, Zn- és Cd „felvehető” hányada megemelkedett a kísérletsorozat kezdetén és végén egyaránt. Mindebből ezen elemek jelzőnövényekben való megjelenését feltételezhetjük. Eredményeim megerősítik a Zn, Cu és Pb felvehetősége esetén PETRUZZELLI et al. (1989) és PUEYO et al. (2003), illetve a Zn és Cu frakciók esetén MARTINS et al. (2003) és JORDAO (2006) megfigyeléseit. Méréseim viszont nem igazolják VACA-PAULIN et al. (2006) eredményeit, mely szerint a szennyvíziszap kezelés hatására nem növekedett a Cd felvehetősége, és a talaj Cd-koncentrációja a „kicsérélhető” frakcióban volt a legnagyobb. TAYLOR et al. (1995) a talaj szerves anyagaihoz kötött Cu, illetve a karbonátokhoz kötött Cd, Ni, Pb és Zn mennyiségének növekedését tapasztalták szennyvíziszap kezelésekre hatására, míg a fémek vízoldható és „kicsérélhető” frakciói alacsony szinten maradtak függetlenül a szennyvíziszap kijuttatásától.

Irodalomjegyzék

- AMIR, S., M. HAFIDI, G. MERLINA, J. C. REVEL, (2005): Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. *Chemosphere* **59**. 801-810.
- EPSTEIN, E., (2002): *Land Application of Sewage Sludge and Biosolids*. Lewis Publishers. Boca Raton FL. USA.
- FILEP GY., (1988): *Talajkémia*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- HAIDEKKER B., (2002): *A szennyvíziszap-felhasználás előnyei és veszélyei*. Környezetvédelmi Füzetek. BME OMIKK, Budapest.
- HE, Z. L. L., X. E. YANG, P. J. STOFFELLA, (2005): Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* **19**. 125-140.
- JORDAO, C. P., C. C. NASCENTES, P. R. CECON, R. L. F. FONTES, J. L. PEREIRA, (2006): Heavy metal availability in soil amended with composted urban solid wastes. *Environmental Monitoring and Assessment* **112**. 309-326.

- JUHÁSZ E., (2000): A szennyvíziszap kezelése. In: Környezettechnika. (Szerk.: BARÓTFI L.). Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- KÁDÁR I., (1999): A tápláléklánc szennyeződése nehézfémekkel. *Agrokémia és Talajtan* **48**. 561-581.
- KOVÁCS, B., J. PROKISCH, A. BALLA KOVÁCS, A. J. PALENC SÁR, (2000): Studies on soil sample preparation for inductively coupled plasma atomic emission spectrometry analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **31**. 1949-1963.
- LAKANEN, E., R. ERVIÖ, (1971): A comparison of eight extractants for determination of plant available micronutrients in soil. *Acta Agronomica Fennica* **123**. 223-232.
- MARTINS, A. L. C., O. C. BATAGLIA, O. A. D. CAMARGO, (2003): Copper, nickel and zinc phytoavailability in an oxisol amended with sewage sludge and liming. *Scientia Agricola* **60**. 747-754.
- PETRUZZELLI, G., L. LUBRANO, G. GUIDI, (1989): Uptake by corn and chemical extractability of heavy metals from a four year compost treated soil. *Plant and Soil* **116**. 23-27.
- PUEYO, M., J. SASTRE, E. HERNÁNDEZ, M. VIDAL, J. F. LÓPEZ-SÁNCHEZ, G. RAURET, (2003): Prediction of trace element mobility in contaminated soils by sequential extraction. *Journal of Environmental Quality* **32**. 2054-2066.
- SILVEIRA, M. L. A., L. R. F. ALLEONI, L. R. G. GUILHERME, (2003): Biosolids and heavy metals in soils. *Scientia Agricola* **60**. 793-806.
- SIMON L., PROKISCH J., GYÖRI Z., (2000): Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica nehézfém-akkumulációjára. *Agrokémia és Talajtan* **49**. 247-255.
- SIMON L., SZENTE K., (2000): Szennyvíziszap komposzt hatása a kukorica nitrogéntartalmára, néhány élettani jellemzőjére és hozamára. *Agrokémia és Talajtan* **49**. 231-246.
- SOLEROVIRA, P., J. SOLER SOLER, J. SOLER ROVIRA, A. POLO, (1996): Agricultural use of sewage sludge and its regulation. *Fertilizer Research* **43**. 173-177.
- TAYLOR, R. W., H. XIU, A. A. MEHADI, J. W. SHUFORD, W. TADESSE, (1995): Fractionation of residual cadmium, copper, nickel, lead, and zinc in previously sludge-amended soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **26**. 2193-2204.
- TAMÁS J., (1995): Szennyvíziszapokkal terhelt talajok nehézfém forgalma. *Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei* **31**. 101-112.
- URI, ZS., Z. GYÖRI, L. SIMON, (2005): Accumulation of cadmium, chromium, copper, nickel, lead and zinc from sewage sludges in soil and rye. In: *Proceedings of the International Scientific Conference „Innovation and Utility in the Visegrad Fours”*. Volume 1. Environmental Management and Environmental Protection. October 13-15, 2005. (Ed.: SIMON, L.), 49-54. Continent-Ph. Nyíregyháza.
- URI, ZS., L. SIMON, (2006): Investigation of the accumulation of heavy metals from sewage sludges in fodder pea. In: *Proceedings of the International Symposium on Trace Elements in the Food Chain*. May 25-27, 2006. (Eds.: SZILÁGYI, M., K. SZENTMIHÁLYI.). 210-214. Budapest.
- VACA-PAULIN, R., M. V. ESTELLER-ALBERICH, J. LUGO DE LA FUENTE, H. A. ZAVALETA-MANCERA, (2006): Effect of sewage sludge or compost on the sorption and distribution of copper and cadmium in soil. *Waste Management* **26**. 71-81.

- VERMES L., (2003): Szakirodalmi áttekintés a szennyvíziszapok elhelyezésével és hasznosításával foglalkozó publikációkról. BKÁE Kertészettudományi Kar Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék, Budapest.
- 50/2001. (IV. 3.) KORM. RENDELET a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól. Magyar Közlöny **39**. 2532-2543.