

Bőrgyári szennyvíziszap-terhelés hatása a tavaszi árpa B, Ba, Ni, Co, Cu elemeinek forgalmára tenyészedény-kísérletben

KÁDÁR IMRE–MORVAI BALÁZS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Összefoglalás

Tenyészedény-kísérletünk 3. évében vizsgáltuk a bőrgyári szennyvíziszap-terhelés hatását az őszi árpa ásványi összetételére, valamint a kísérleti talajok (savanyú és karbonátos homok, ill. savanyú és karbonátos kötött talaj) cc. HNO_3 +cc. H_2O_2 feltárással becsült „összes” és az NH_4 -acetát+EDTA oldható B, Ba, Ni, Co és Cu elemtartalmak változására. Talajonként 0; 7,5; 15; 30; 60 g/kg iszapterhelést alkalmaztunk légszáraz tömegre számítva. A maximális 60 g/kg terhelés szántóföldön 180 t/ha légszárazanyag leszántását jelentené 6%-os tömegarányt képviselve a szántott rétegben. Az 5 iszapadag \times 4 talaj = 20 kezelés \times 4 ismétlés = 80 db edényszámot tett ki évente. Az edények alul lyuggatott 10 literes műanyagvödrök voltak.

Levonható főbb tanulságok:

1. A talajok eredeti, cc. HNO_3 +cc. H_2O_2 feltárással becsült „összes” B, Ba, Ni, Co, Cu, Pb és As készlete, valamint az NH_4 -acetát+EDTA oldható Ba, Ni, Co, Cu és Pb tartalma egyaránt nőtt azok kötöttségével. Az iszaptrágyával bevitt B mintegy 80%-a, a Ba és Pb 40%-a, az As 20–25%-a a talajok átlagában NH_4 -acetát+EDTA oldható formában akkumulálódott. A kismérvű Cu-terhelés eredményeképpen a talajok „összes” és oldható Cu-tartalma igazolhatóan nem módosult, míg a Ni és Co elemeknél hígulás lépett fel a talajok Ni és Co tartalmában.
2. Az iszaptrágyázás hatására nőtt a tavaszi árpa szem és szalma termésének B-tartalma, míg a Co, Cu, Pb és As koncentrációja ugyanitt igazolhatóan nem változott. A Ba és Ni elemek mennyisége azonban csökkent a növényi szövetekben. A B és a Ba főként a szalmában dúsult, nagyságrenddel meghaladva a mag koncentrációját. A Co is átlagosan négyszeres mennyiségben található a melléktermésben a szemhez képest.

A Cu és a Ni többé-kevésbé egyenletesen oszlott meg a szemben és a szalmában koncentrációját tekintve.

3. A tavaszi árpa a vizsgált mikroelemekkel nem szennyeződött, összetétele alapján emberi és állati fogyasztásra alkalmas maradt. A növények szem és szalma termése 3–3,5-szeresére emelkedett, az iszapterhelés depressziót nem okozott.

Kulcsszavak: tenyészedény, börgyári szennyvíziszap, mikroelemek, talaj- és növény-vizsgálat

The effect of leather factory wastewater sludge load on the B, Ba, Ni, Co and Cu cycle in spring barley in a pot experiment

I. KÁDÁR–B. MORVAI

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the
Hungarian Academy of Sciences (RISSAC), Budapest

Summary

In the third year of our pot experiment, we examined the effect of leather factory wastewater sludge load on the mineral composition of spring barley and change of experimental soils' (acidic and calcareous sandy soil; acidic and calcareous heavy soil) "total" B, Ba, Ni, Co and Cu content estimated by $\text{HNO}_3 + \text{cc. H}_2\text{O}_2$ exploration, as well as the NH_4 -acetate+EDTA-soluble content of the same elements. We applied 0; 7.5; 15; 30 and 60 g kg^{-1} sludge loads calculated for air-dry weight. The maximum 60 g kg^{-1} load would mean to plough 180 t ha^{-1} air dry matter into the soil, thereby representing 6% weight ratio in the ploughed layer. Yearly pot number was 80 (5 sludge doses \times 4 soils = 20 treatments \times 4 replications = 80 pots). The pots were 10 l plastic buckets with holes in their bottoms.

Main conclusions:

1. The soils' original "total" B, Ba, Ni, Co, Cu, Pb and As content estimated by cc. $\text{HNO}_3 + \text{cc. H}_2\text{O}_2$ exploration and the NH_4 -acetate+EDTA-soluble content of Ba, Ni, Co, Cu and Pb further increased as the plasticity of soils improved. Nearly 80% of B, 40% of Ba and Pb and 20–25% of As transferred into the soil by sludge was accumulated in NH_4 -acetate+EDTA-soluble form in the average of soils. As a result of low Cu

load, the "total" and soluble Cu content of soils did not considerably change, whereas the Ni and Co content became diluted.

2. As a result of sludge application, the B content of the yield of spring barley grain and straw increased, whereas the respective Co, Cu, Pb and As concentrations did not change considerably. Nevertheless, the quantity of Ba and Ni decreased in the plant organs. B and Ba became enriched mainly in the straw, exceeding their concentration in grains by a magnitude. Even Co can be found in a four times higher quantity in the associated yield than it is in the grain. As for their concentration, Cu and Ni are distributed in a more or less steady proportion in the grain and the straw.
3. Spring barley did not become contaminated by the examined microelements, they remained suitable for human and animal consumption on the basis of its composition. The grain and straw yield of crops increased 3–3.5 times their previous values, the sludge load did not cause depression.

Key words: culture dish, leather factory wastewater sludge, microelements, soil and plant analysis

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Ipari-kommunális vegyes szennyvíziszapokkal terhelt talajokon a növények elemfelvétele, illetve nehézfém szennyeződése részben korlátozott. Mindez arra vezethető vissza, hogy a szennyező elemek az iszap szervesanyagához és ásványi összetevőikhez kötődnek és felvétel során antagonisták hatásai is érvényesülhetnek (*Kick és Poletschny* 1978, *Izsáki és Debreczeni* 1987, 1989). Németországban *Diez és Rosopulo* (1976, 1978, 1980) 75 termőhelyet vizsgált, ahol különböző gabonaféléket termesztettek szennyvíziszappal kezelt talajokon. A talajok magukban foglalták a homokostól az agyagos változatokat 6,5–7,2 pH (CaCl_2) tartományban, az iszapkezelés esetén több évtizedre nyúlt vissza.

A szerzők vizsgálatai szerint a királyvízoldható „összes” elemkészlet a szántott rétegben elérte maximálisan az 55 mg/kg Cd, 1480 mg/kg Zn, 302 mg/kg Cu, 1600 mg/kg Pb, 204 mg/kg Cr és 74 mg/kg Ni értéket. Ugyanitt a tavaszi árpa magtermésében csupán 0,37 mg Cd, 86 mg Zn, 19 mg Cu, 1 mg Pb, 0,5 mg Cr és Ni halmozódott fel. A vegetatív szalma maximálisan 1,2 mg Cd, 155 mg Zn, 10 mg Cu, 4 mg Pb, valamint 1 mg Cr és Ni elemet akkumulált 1 kg szárazanyagban. Annak ellenére, hogy a megengedett talajszennyezettségi határérté-

keket esetenként többszörösen túllépték, csak a Zn-felvétel eredményezett humán és állati fogyasztásra alkalmatlan terméket. A Cu, Pb, Cr és Ni felvételében a talajszennyezés alig vagy egyáltalán nem tükröződött (Diez és Rosopulo 1980). Hasonló eredményre jutott tenyészedény-kísérletes vizsgálatok során Gutser et al. (1978), Sommer (1978), Debreczeni és Izsáki (1985), Simon (1996, 1999).

Az előző munkánkban áttekintettük a téma fontosabb hazai és nemzetközi irodalmát, ismertettük a kísérlet anyagát és módszerét. Részletesebben bemutattuk a szennyvíziszap-terhelés hatását a főbb talajtulajdonságokra a 3. év végén, mint a pH, CaCO_3 , humusz és az „összes” só, valamint szemléltettük a Ca, Na és Cr elemek forgalmát a talaj-növény rendszerben. Megállapítottuk, hogy a maximális 60 g/kg, azaz 6% iszapterhelés nyomán mintegy 39 t/ha Ca-nak megfelelő bevitel történt. A mészhiányos talajok pH-ja is 8 körüli, CaCO_3 tartalmuk 3% körüli értékre emelkedett (Kádár és Morvai 2008a).

A továbbiakban arra keressük a választ, hogy az iszapterhelés milyen mérhető változásokat okozhat a vizsgált talajok „összes” és oldhatóbb mobilis K, Sr, S, P, Fe, Mn és Al elemek tartalmában. A talajvizsgálatok eredményeit szembeállítjuk a tavaszi árpa szem és szalma termésének összetételével, bemutatva a vizsgált elemek dúsulásait a talaj-növény rendszerben. A kommunális szennyvíziszappal végzett tenyészedénykísérlet eredményeit szintén közöltük (Kádár és Morvai 2007).

Az iszaptrágyázás nyomán a talajok szervesanyagkészlete átlagosan 0,6%-kal nőtt, mely megfelelt a bevitt mennyiségnek, tehát a szervesanyag nem bomlott el a kísérlet 3 éve alatt. Az „összes” só mennyisége 0,6 g/kg értékkel lett több. Az iszappal talajba juttatott Ca és Na gyakorlatilag teljes mennyisége kimutatható volt cc. HNO_3 +cc. H_2O_2 „összes” és NH_4 -acetát+EDTA oldható formában egyaránt. A tavaszi árpa szem és szalma termése hasonló módon jelezte a növekvő Ca és Na kínálatát. A 3 év alatt 312 mg/kg, azaz átszámítva 936 kg/ha Cr-terhelés történt iszaptrágyázással.

A bevitt Cr visszamérhető volt cc. HNO_3 +cc. H_2O_2 „összes” formában, míg az NH_4 -acetát+EDTA frakció 7–10% között ingadozott. Bár a termőföldön engedélyezett 10 kg/ha/év Cr-terhelés 31-szeresét alkalmaztuk 3 éven át, a tavaszi árpa magtermése humán fogyasztásra, melléktermése takarmányozási célokra alkalmas maradt. A növény termése 3–3,5-szeresére nőtt, az iszaptrágyázás depressziót, fitotoxicitást nem eredményezett (Kádár és Morvai 2008a).

Jelen dolgozatunk a B, Ba, Ni, Co, Cu elemek forgalmát mutatja be a talaj-növény rendszerben a tenyészedény kísérletünk viszonyai között.

Anyag és módszer

A 4 talaj \times 5 iszapterhelés = 20 kezelést adott, 4 ismétléssel 80 edényt állítottunk be. Az edények alul lyuggatott és tálcára helyezett 10 literes műanyag vödröket jelentettek, ismétlésenként 1-1 csillére helyezve véletlen blokk elrendezésben. A vödörbe töltés előtt az egyes kezelések 4-4 ismétlésének 40-40 kg tömegű talaját betonkeverőbe mértük, hozzáadva az előírt iszapot és folyamatos nedvesítés mellett homogenizáltuk. Az iszappal kevert talajokat az első növény vetéséig egy hónapon át a letakart vödrökben érleltük. A kísérleti adatokat két-tényezős varianciaanalízissel értékeltük.

A Jubilant fajtájú tavaszi árpa vetése 1999, 2000 és 2001 májusában történt 3-5 cm mélyre edényenként 30 db maggal, mely megfelelt az ajánlott 500 csíra/m² vetésnormának. A kelés minden kezelésben egyenletes volt, az öntözést a növények igénye szerint ioncserélt vízzel végeztük. Szükség szerint a lisztharmat elleni permetezésre is sor került. Az állományt bokrosodás, virágzás kezdete és aratás idején fejlettségre bonitáltuk. Betakarításra minden évben július hóban került sor a teljes földfeletti növényzet levágásával. Edényenként mértük a szem és a szalma tömegét, majd finomra őrlést követően az ásványi elemtartalmakat határoztuk meg. A kísérlet lebontásakor a talajt edényenként átrostáltuk, a nagyobb gyökereket eltávolítottuk és edényenként 20 helyről egy-egy csapott kávéskanálnyi talajt vettünk. Az így nyert átlagminta anyagát analízisre finomra daráltuk. Az iszapterhelést évente megismételtük a kezeléseknek megfelelő iszapmennyiségek bekeverésével újranedvesítés mellett, majd az edényeket újratöltöttük és lefedve a következő növény vetéséig, tavaszig külső hőmérsékleten tároltuk, inkubáltuk.

Az iszapok, növények és talajok „összes” elemtartalmát cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ roncsolást követően határoztuk meg ICP technikát alkalmazva. A N mérése cc. H₂SO₄ + cc. H₂O₂ feltárás után történt az ISO 11261 (1995) szerint a módosított *Kjeldahl* (1891) módszerrel. A talajok oldható elemkészletét az NH₄-acetát+EDTA talajkivonószerrel mértük *Lakanen* és *Erviö* (1971) nyomán. A pH, y₁, CaCO₃, humusz, kötöttség, összes só, NH₄-N, NO₃-N vizsgálata *Baranyai et al.* (1987) által ismertetett eljárásokkal történt.

Az 1. táblázatban a kísérletben felhasznált talajok főbb jellemző tulajdon-

ságait tekinthetjük át a kísérlet beállításakor 1999-ben. A homok talajok kolloidokban szegények, melyre olyan összefüggő talajparaméterek utalnak, mint a kis T-érték, agyagtartalom, leiszapolható rész, kötöttség és humuszkészlet. A nyírlugosi talaj erősen savanyú, míg az őrbottyáni karbonátos 10–13% CaCO_3 -tartalommal. A mészlepedékes csernozjom vályogtalaja már 30 feletti T-értékkel, 20% feletti agyagtartalommal, 36% feletti leiszapolható résszel és 38–40 kötöttséggel jellemezhető, valamint 8–10% CaCO_3 tartalommal. Kolloidokban leggazdagabb a gyöngyösi barna erdőtalaj, mely enyhén savanyú agyagos vályog. A kationcserélő kapacitása, agyag- és iszaptartalma nagyságrenddel haladja meg a homoktalajokét.

1. táblázat. A *tenyészedény-kísérletben felhasznált talajok főbb jellemzői a kísérlet beállításakor 1999-ben*

Vizsgált jellemzők (1)	Nyírlugos	Őrbottyán	Nagyhőrcsők	Gyöngyös
Kation adszorpció (T érték mg $\text{e}^{\text{e}}/100 \text{ g}$) (2)	3–5	6–8	30–32	40–44
Agyagtartalom ($< 0,002 \text{ mm}$, %) (3)	3–4	4–5	20–24	40–45
Leiszapolható rész ($< 0,02 \text{ mm}$, %) (4)	4–5	5–6	36–40	57–60
Kötöttség (K_A) (5)	23–25	23–25	38–40	44–46
Humusz % (6)	0,5–0,8	0,6–0,8	2,6–3,0	3,0–3,5
CaCO_3 %	–	10–13	8–10	–
pH (H_2O)	5,4–5,8	7,8–8,3	7,8–8,1	6,6–6,8
pH (KCl)	3,9–4,8	7,3–7,6	7,5–7,6	5,8–6,3

Nyírlugos: kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok (Nyírség), Őrbottyán: karbonátos homoktalaj (Duna-Tisza köze), Nagyhőrcsők: mészlepedékes csernozjom, vályogtalaj (Mezőföld), Gyöngyös: barna erdőtalaj, savanyú agyagos vályog (Mátraalja).

Table 1. The main characteristics of soils used in the pot experiment at the time of establishing the experiment in 1999. (1) Examined characteristics, (2) Cation absorption (CEC value mg equivalent/100 g), (3) Clay content, (4) Siltable fraction ($< 0.02 \text{ mm}$, %), (5) Plasticity index, g water/100 g soil, (6) Humus %. Nyírlugos: "Kovárvány" brown forest soil, acidic sand (Nyírség), Őrbottyán: Calcareous sandy soil (Danube-Tisza mid-region), Nagyhőrcsők: Calcareous chernozem, loamy soil (Mezőföld), Gyöngyös: Chernozem brown forest soil, acidic clayey loam (Mátraalja).

Eredmények értékelése

Az iszap sz.a. 48 mg/kg B-t tartalmazott, a maximális B-terhelés a 3 év alatt 2,8 mg/kg mennyiséget ért el. A kötöttebb talajok eredeti cc. HNO_3 + cc. H_2O_2 oldható „összes” B-készlete mintegy háromszorosa volt a homoktalajokénak. Amint a 2. táblázatban látható, a talajba vitt B gyakorlatilag teljes mennyisége kimutatható az „összes” tartalom gyarapodásában, a mérések hibáját is figyelembe véve. Az NH_4 -acetát+EDTA oldható B-tartalom a savanyú homoktalajban 0,1 mg/kg méréshatár alatt marad, míg a maximális 2 mg/kg értéket a mészlepedékes csernozjom talajában éri el a kezeletlen edényekben. A talajok átlagában 2,2 mg/kg a maximális oldható B-tartalom emelkedése, azaz mintegy 80%-a az iszappal bevitt B mennyiségének oldható formában található meg.

A tavaszi árpa szemtermésének B-tartalma a legnagyobb iszapterheléssel több mint kétszeresére nő átlagosan. Savanyú talajon, különösen a savanyú homokon a B-akkumulációja kifejezettebb. A szalma + pelyva melléktermésében átlagosan egy nagyságrenddel több B halmozódott fel, mint a generatív szemtermésben. A vegetatív növényi részek általában jól jelezhetik a luxuskínálatot, mint ismeretes. Maximális B-koncentrációk a kezelt talajok esetében a homoktalajokon jelentkeznek. Figyelemre méltó, hogy a nyírlugosi kontrollon, ahol az oldható B mennyisége a talajban a 0,1 mg/kg méréshatár alatt volt, a tavaszi árpa szalmában már 25 mg/kg B épült be (2. táblázat).

Korábban vizsgáltuk a K \times B elemek közötti kölcsönhatásokat tenyész-edény kísérletben a karbonátos őrbottyáni homok talajon napraforgó jelző-növényvel. A 4–6 leveles napraforgó sz.a.-ban a B 33 mg/kg koncentrációt mutatott kezeletlen talajon. A lineárisan emelkedő 10, 20, 30 mg/kg B-terhelés nyomán a hajtás B-tartalma exponenciálisan nőtt elérve a 780 mg/kg értéket. A 100–150 mg/kg feletti növényi B-tartalom mérgezéshez vezetett kifejezett terméscsökkenéssel. Megállapításaink szerint a B nem kötődik meg e talajon a növény számára felvehetetlen formában, borát anionként tömegárammal könnyen bejut a növénybe és főként a föld feletti hajtásban, levélben akkumulálódik. Növényanalízissel a B-ellátottság ellenőrizhető. A talaj javuló K-ellátottsága bizonyos fokig ellensúlyozni képes a B-túltrágyázás kedvezőtlen hatását ezen a K-ban szegény homoktalajon (Shalaby és Kádár 1984).

A nagyhőrcsöki mészlepedékes csernozjom talajjal beállított tenyész-edény kísérletünkben 0, 20, 40, 60 mg/kg B-terhelést alkalmaztunk szintén borax formában.

2. táblázat. *Bőrgyári szennyvíziszap hatása a talaj és a tavaszi árpa B-tartalmára (Tenyészedény-kísérlet)*

Talajok	Iszapterhelés g/kg talajra (2)					SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
megnevezése (1)	0	7,5	15	30	60		
B-terhelés, mg/kg (5)							
	0	0,4	0,7	1,4	2,8		
cc. HNO ₃ +cc. H ₂ O ₂ -oldható „összes” B, mg/kg 2001-ben (6)							
Nyírlugos	5,4	5,7	6,1	6,9	8,6		6,6
Örbottyán	5,2	6,3	6,7	7,4	9,2	2,0	7,0
Nagyhőrcsök	14,8	14,8	15,6	16,3	16,2		15,5
Gyöngyös	15,8	17,1	17,5	17,9	18,5		17,4
Átlag (4)	10,3	11,0	11,5	12,1	13,1	1,0	11,6
NH ₄ -acetát+EDTA oldható B, mg/kg 2001-ben (7)							
Nyírlugos	<0,1	0,4	0,8	1,3	2,4		1,0
Örbottyán	0,4	0,7	1,1	1,4	2,5	0,4	1,2
Nagyhőrcsök	2,0	2,2	2,4	2,9	3,8		2,7
Gyöngyös	1,0	1,3	1,6	2,2	3,2		1,8
Átlag (4)	0,8	1,1	1,5	1,9	3,0	0,2	1,7
Tavaszi árpa magtermés, B mg/kg 2000-ben (8)							
Nyírlugos	1,9	2,3	2,8	4,7	5,5		3,4
Örbottyán	1,2	1,4	2,1	2,2	2,7	1,0	1,9
Nagyhőrcsök	1,2	1,4	1,4	1,7	2,1		1,6
Gyöngyös	1,5	1,8	1,8	1,9	3,7		2,1
Átlag (4)	1,5	1,7	2,0	2,6	3,5	0,5	2,3
Tavaszi árpa szalma + pelyva, B mg/kg 2000-ben (9)							
Nyírlugos	25	26	26	34	46		31
Örbottyán	9	12	14	21	34	6	18
Nagyhőrcsök	12	12	15	16	16		14
Gyöngyös	15	15	15	14	16		15
Átlag (4)	16	16	17	21	28	3	20

Megjegyzés: Az iszap sz.a. 48 mg/kg B-t tartalmazott.

Table 2. The effect of leather factory wastewater sludge on the B content of the soil and spring barley (pot experiment). (1) Soils, (2) Sludge load (g kg⁻¹) on soils, (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) B load, mg kg⁻¹, (6) cc. HNO₃+cc. H₂O₂-soluble "total" B, mg kg⁻¹ in 2001, (7) NH₄-acetate+EDTA-soluble B, mg kg⁻¹ in 2001, (8) Grain yield of spring barley, B mg kg⁻¹ in 2000, (9) Straw + chaff of spring barley, B mg kg⁻¹ in 2000. Note: The sludge dry matter contained 48 mg kg⁻¹ B.

A forróvíz oldható B-tartalom a kezeletlen talajon 1 mg/kg koncentrációt mutatott, melyet a nagyobb B-trágyázás mintegy a harmincszorosára növelte meg. A talajba adott B kb. 50%-a forróvíz oldható formában maradt a talajban. Eredményeink szerint amennyiben e talaj forróvíz oldható B-tartalma meghaladja a 15–20 mg/kg, illetve a 4–6 leveles napraforgó hajtása a 100–150 mg/kg B-tartalmat, a talajtermékenység csökkenésével, a napraforgó mérgezésével kell számolni (Kádár és Shalaby 1985).

A $K \times B$ kölcsönhatásokat szabadföldi tartamkísérletben is vizsgáltuk kukorica növényen a nagyhorcsöki mészlepedékes csernozjom talajon. Eltérő K-elátottságú parcellákon 0, 20, 40, 60 kg/ha B-terhelést alkalmaztunk. A 4–6 leveles kukorica hajtásának B-koncentrációja a kontrollon mért 17 mg/kg sz.a. mennyiségről 132 mg/kg-ra emelkedett. A szemtermés 7,5-ről 6,0 t/ha-ra csökkent ugyanitt. A betakarításkori szem és szár mérsékelt B-készlettel rendelkezett. A szárban 7–22 mg/kg, míg a szemben 5–15 mg/kg között változott a beépült B mennyisége a kínálat függvényében (Kádár és Csathó 1991, In: Csathó 1994).

Eaton (1944) és Bingham (1973) vizsgálatai szerint az árpa és a kukorica is közepesen toleráns fajok a B-mérgezéssel szemben, azaz mintegy 5 mg/kg forróvíz oldható B-tartalmat elviselhetnek. Ez az általunk vizsgált nagyhorcsöki talajon 10 mg/kg NH_4 -acetát+EDTA oldható B-tartalomnak felelhet meg. Wear és Patterson (1962) hangsúlyozta, hogy kötött talajon ugyanakkora vízdoldható B-tartalom kisebb növényi felvételt és toxicitást eredményez. Kevésbé puffertolt talajokon az 5–20 kg/ha feletti B-adagolás már esetenként termés-csökkenést eredményezhet Mortvedt és Cunningham (1971) adatai alapján. A hivatkozott saját és irodalmi eredmények szerint tehát a tavaszi árpa B-tartalma mérsékelt maradt az iszapkezelés nyomán. Chaney (1982) normálisnak tekinti a 7–75 mg/kg közötti B-tartalmat a növényben, az egészségügyi maximum 150 mg/kg feletti tartomány lehet.

Az iszap sz.a. 200 mg/kg Ba-ot tartalmazott, a legnagyobb terhelés 12 mg/kg mennyiséget ért el. A cc. HNO_3 +cc. H_2O_2 -oldható „összes” Ba bár rendre emelkedett a növekvő terheléssel (különösen a laza talajokon), a változás nem volt statisztikailag igazolható az egyes kezelésekből, csak a talajok átlagában. A 12 mg/kg terhelés 8 mg/kg emelkedést okozott az „összes” tartalomban, tehát a gyarapodás alapján a bevitt Ba 75%-a volt kimutatható. Az NH_4 -acetát+EDTA oldható frakció emelkedése szintén a homoktalajokban látványos és egyértelműen igazolható is. A Ba mintegy 40%-át ebben az oldható frakcióban találjuk átlagosan (3. táblázat).

3. táblázat. *Bőrgyári szennyvíziszap hatása a talaj és a tavaszi árpa Ba-tartalmára (Tenyészedény-kísérlet, 2001)*

Talajok	Iszapterhelés g/kg talajra (2)					SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
megnevezése (1)	0	7,5	15	30	60		
Ba-terhelés, mg/kg (5)							
	0	1.5	3	6	12		
cc. HNO ₃ +cc. H ₂ O ₂ -oldható „összes” Ba-tartalom, mg/kg (6)							
Nyírlugos	28	37	30	33	38		33
Órbottyán	27	28	29	31	39	14	31
Nagyhőrcsök	110	111	111	113	118		113
Gyöngyös	198	203	202	202	203		202
Átlag (4)	91	95	93	95	99	7	95
NH ₄ -acetát+EDTA oldható Ba, mg/kg (7)							
Nyírlugos	6	6	8	10	13		8
Órbottyán	7	8	9	10	13	2	9
Nagyhőrcsök	21	22	22	22	22		22
Gyöngyös	28	29	31	32	33		31
Átlag (4)	15	16	17	18	20	1	18
Tavaszi árpa magtermés, Ba mg/kg (8)							
Nyírlugos	0,42	0,40	0,38	0,38	0,37		0,39
Órbottyán	0,62	0,62	0,46	0,36	0,22	0,30	0,46
Nagyhőrcsök	0,84	0,92	0,89	0,54	0,51		0,74
Gyöngyös	1,06	1,24	0,87	0,68	0,68		0,91
Átlag (4)	0,74	0,80	0,65	0,50	0,46	0,15	0,63
Tavaszi árpa szalma + pelyva, Ba mg/kg (9)							
Nyírlugos	8	9	10	10	13		10
Órbottyán	10	8	8	10	8	4	9
Nagyhőrcsök	16	13	10	9	9		11
Gyöngyös	24	20	16	15	12		17
Átlag (4)	15	12	11	11	11	2	12

Megjegyzés: Az iszap 200 mg/kg Ba-t tartalmazott.

Table 3. The effect of leather factory wastewater sludge on the Ba content of the soil and spring barley (pot experiment, 2001). (1) Soils, (2) Sludge load (g kg⁻¹) on soils, (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Ba load, mg kg⁻¹, (6) cc. HNO₃+cc. H₂O₂-soluble "total" Ba, mg kg⁻¹, (7) NH₄-acetate+EDTA-soluble Ba, mg kg⁻¹, (8) Grain yield of spring barley, Ba mg kg⁻¹, (9) Straw + chaff of spring barley, Ba mg kg⁻¹. Note: The sludge contained 200 mg kg⁻¹ Ba.

A talajok kötöttségével párhuzamosan nemcsak az „összes” és oldható Ba-készlet nőtt, hanem a tavaszi árpa fő- és melléktermésének Ba-készlete is. A melléktermés közel 20-szoros Ba-koncentrációval rendelkezett a magterméshez viszonyítva. A savanyú homoktalajtól eltekintve mind a szem, mind a szalma Ba-tartalma mérséklődött az iszapterhelés eredményeképpen. Feltehető, hogy a Ba növényi felvehetőségét a szervesanyag akkumulációja gátolhatta a talajban. A kezelés/terhelés/hatásokat tekintve a talajvizsgálati adatok és a növényelemzés eredményei között nincs összefüggés, illetve szűkítve negatív összefüggést találunk a 3. táblázatban bemutatott eredmények szerint.

Az iszap sz.a. 7,9 mg/kg Ni-t tartalmazott, a legnagyobb talajterhelés 0,48 mg/kg volt. A talajok kötöttségével mind az „összes”, mind az oldható Ni-készlet nőtt az eredeti talajban. Az oldható frakció az „összes”-nek 1/30-ad része a savanyú homokban, 1/13-ad része a meszes homokban, 1/8-ad része a vályog és 1/4-ed részéhez közelít az agyagos vályogban. Úgy tűnik, minél gazdagabb a talaj Ni-ben, annál nagyobb hányad marad oldhatóbb formában a kezeletlen talajokban. Az iszappal kezelt talajokban ez a kép megfordul. Savanyú homokon igazolhatóan nőtt, meszes homokon nem változott, míg a kötöttebb talajokon igazolhatóan leesett az oldható Ni-tartalom az iszapterheléssel. Kötöttebb talajokon az „összes” készlet is mérséklődik tendenciájelleggel vagy igazolhatóan (4. táblázat).

A tavaszi árpa fő- és melléktermésében a Ni kiegyenlített és kicsi koncentrációt mutat a talajoktól lényegében függetlenül. Az iszapterheléssel a Ni-tartalom tendenciájában vagy igazolhatóan mérséklődik mind a szemben, mind a szalmában. Az eredmények arra utalnak, hogy az iszappal talajba jutott Ni megkötődhet és kevésbé kimutatható, illetve a növény számára kevésbé felvehető formává alakulhat. Bár a változások esetenként igazolhatók, illetve a tendenciák egyirányúnak tűnnek, a kismérvű, néhány vagy néhány tized mg/kg értékek messzemenő következmények levonására nem alkalmasak. Az iszap Ni-ben igen szegény, így a nagymérvű iszapterhelés hígulási effektust is okozhatott (4. táblázat).

Hasonlóképpen szegény volt az iszap Co elemben, mindössze 4,4 mg/kg készlettel rendelkezett. A maximális talajterhelés 264 µg/kg, azaz kereken 0,3 mg/kg mennyiségnek adódott. A Ni-hez hasonlóan mind az „összes”, mind az oldható Co készlet a talajok kötöttségével nőtt, míg az iszapterheléssel igazolhatóan mérséklődött a nagyobb Co-tartalmú kötöttebb talajokon. Itt is feltehető, hogy az iszaptrágyázás híguláshoz vezetett. A tavaszi árpa magtermésében a Co 21 µg/kg, a melléktermésben 85 µg/kg átlagos tartalmat mutatott a kezeléstől függetlenül (5. táblázat).

4. táblázat. *Bőrgyári szennyvíziszap hatása a talaj és a tavaszi árpa Ni-tartalmára (Tenyészedény-kísérlet, 2001)*

Talajok	Iszapterhelés g/kg talajra (2)					SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
megnevezése (1)	0	7,5	15	30	60		
Ni-terhelés, mg/kg (5)							
	0	0,06	0,12	0,24	0,48		
cc. HNO ₃ +cc. H ₂ O ₂ -oldható „összes” Ni, mg/kg (6)							
Nyírlugos	6	6	6	6	6		6
Örbottyán	8	8	8	7	7	2	8
Nagyhörcsök	28	27	26	25	24		26
Gyöngyös	32	32	32	31	30		31
Átlag (4)	18	18	18	17	17	1	18
NH ₄ -acetát+EDTA oldható Ni, mg/kg (7)							
Nyírlugos	0,2	0,4	0,6	0,6	0,7		0,5
Örbottyán	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,6
Nagyhörcsök	3,4	3,3	3,1	2,9	2,5		3,00
Gyöngyös	8,7	8,5	8,0	7,0	5,9		7,6
Átlag (4)	3,2	3,2	3,1	2,8	2,4	0,2	2,9
Tavaszi árpa magtermés, Ni mg/kg (8)							
Nyírlugos	0,6	0,4	0,6	0,7	0,4		0,5
Örbottyán	0,6	0,8	0,8	0,3	0,3	0,4	0,5
Nagyhörcsök	0,9	0,6	0,5	0,5	0,5		0,6
Gyöngyös	0,5	0,8	0,7	0,5	0,7		0,6
Átlag (4)	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,2	0,6
Tavaszi árpa szalma + pelyva, Ni mg/kg (9)							
Nyírlugos	0,6	0,4	0,6	0,7	0,4		0,5
Örbottyán	0,8	0,8	0,8	0,3	0,3	0,4	0,6
Nagyhörcsök	0,9	0,6	0,5	0,5	0,5		0,6
Gyöngyös	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6		0,7
Átlag (4)	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	0,6

Megjegyzés: Az iszap 7,9 mg/kg Ni-t tartalmazott.

Table 4. The effect of leather factory wastewater sludge on the Ni content of the soil and spring barley (pot experiment, 2001). (1) Soils, (2) Sludge load (g kg⁻¹) on soils, (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Ni load, mg kg⁻¹, (6) cc. HNO₃+cc. H₂O₂ -soluble "total" Ni, mg kg⁻¹, (7) NH₄-acetate+EDTA-soluble Ni, mg kg⁻¹, (8) Grain yield of spring barley, Ba mg kg⁻¹, (9) Straw + chaff of spring barley, Ni mg kg⁻¹. Note: The sludge contained 7.9 mg kg⁻¹ Ni.

5. táblázat. *Bőrgyári szennyvíziszap hatása a talaj Co és Cu tartalmára*
(Tenyészedény-kísérlet, 2001)

Talajok megnevezése (1)	Iszapterhelés g/kg talajra (2)					SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
0	7,5	15	30	60			
Co-terhelés, µg/kg (5)							
	0	33	66	132	264		
cc. HNO ₃ +cc. H ₂ O ₂ -oldható „összes” Co, mg/kg (6)							
Nyírlugos	3,0	3,0	2,9	3,0	3,0	0,4	3,0
Örbottyán	3,3	3,2	3,2	3,2	3,3		3,2
Nagyhörcsők	9,6	9,4	9,1	9,0	9,0		9,2
Gyöngyös	14,1	13,6	13,6	13,5	13,2		13,6
Átlag (4)	7,5	7,3	7,2	7,2	7,1	0,2	7,3
NH ₄ -acetát+EDTA oldható Co, mg/kg (7)							
Nyírlugos	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4
Örbottyán	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4		0,5
Nagyhörcsők	1,9	1,8	1,7	1,6	1,3		1,6
Gyöngyös	5,2	4,6	4,3	3,4	2,4		4,0
Átlag (4)	2,0	1,8	1,7	1,5	1,1	0,2	1,6
Cu-terhelés, mg/kg (8)							
	0	0,3	0,6	1,2	2,4		
cc. HNO ₃ +cc. H ₂ O ₂ -oldható „összes” Cu, mg/kg (9)							
Nyírlugos	6	6	5	6	7	3	6
Örbottyán	8	10	10	10	10		10
Nagyhörcsők	16	17	16	17	18		17
Gyöngyös	26	26	26	25	26		26
Átlag (4)	14	15	14	14	15	2	14
NH ₄ -acetát+EDTA oldható Cu, mg/kg (10)							
Nyírlugos	1,7	2,0	2,0	2,1	2,6	0,8	2,1
Örbottyán	3,0	3,1	3,4	3,0	3,2		3,2
Nagyhörcsők	3,3	3,5	3,4	3,5	4,0		3,5
Gyöngyös	8,1	8,6	8,7	7,8	7,6		8,2
Átlag (4)	4,0	4,3	4,3	4,1	4,3	0,4	4,2

Megjegyzés: tavaszi árpa magban a Co 21 µg/kg, Cu 6 mg/kg, szalmában a Co 85 µg/kg, Cu 4 mg/kg átlagosan a kezeléstől függetlenül. Az iszap 4,4 mg/kg Co és 39 mg/kg Cu elemet tartalmazott.

Table 5. The effect of leather factory wastewater sludge on the Co and Cu content of the soil (pot experiment, 2001). (1) Soils, (2) Sludge load (g kg⁻¹) on soils, (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Co load, µg kg⁻¹, (6) cc. HNO₃+cc. H₂O₂-soluble "total" Co, mg kg⁻¹, (7) NH₄-acetate+EDTA-soluble Co, mg kg⁻¹, (8) Cu load mg kg⁻¹, (9) cc. HNO₃+cc. H₂O₂-soluble "total" Cu, mg kg⁻¹, (10) NH₄-acetate+EDTA-soluble Cu, mg kg⁻¹. Note: Spring barley grain: Co: 21 µg kg⁻¹, Cu: 6 mg kg⁻¹, straw: Co: 85 µg kg⁻¹, Cu: 4 mg kg⁻¹ on average, independently of the treatment. The sludge contained 4.4 mg kg⁻¹ Co and 39 mg kg⁻¹ Cu.

Az iszap sz.a. 39 mg/kg Cu elemet tartalmazott, a legnagyobb talajterhelés 2,4 mg/kg volt. A cc. HNO_3 +cc. H_2O_2 feltárással meghatározott „összes” Cu készlete a talajban igazolhatóan nem változott, bár a növekvő tendencia egyértelműen megnyilvánult csaknem minden talajon. A kontrollhoz viszonyított 1 mg/kg körüli maximális akkumuláció arra utalhat, hogy kb. a bevitt Cu 40%-a található „összes” formában, a talajok átlagában a 3. évben. Az NH_4 -acetát+EDTA oldható frakció szintén csak tendencia jelleggel tükrözi az akkumulációt. A kapott 0,3 mg/kg kontrollhoz viszonyított többlet az iszappal talajba juttatott mennyiség 12%-ának adódhat. A Cu gyorsan megkötődhet a talajban és a növényi felvehetősége is korlátozott szabadföldi vizsgálataink eredményei szerint is (Kádár 2003). A tavaszi árpa magja 6 mg/kg, a melléktermése 4 mg/kg sz.a. Cu-tartalommal rendelkezett a kezelésektől függetlenül (5. táblázat).

Az iszap sz.a. 117 mg/kg Pb-t tartalmazott, a legnagyobb talajterhelés 7,2 mg/kg volt. Az eredeti kezeletlen talajok „összes” és oldható Pb-készlete a kötöttséggel emelkedett. Az iszappal bevitt Pb jól kimutatható a talajok „összes” Pb-készletének növekedésében. Az NH_4 -acetát+EDTA oldható frakcióban mintegy 40% az emelkedés a bevitt %-ában és a talajok átlagában tekintve. A tavaszi árpa mag és szalma termésében az Pb 0,5 mg/kg méréshatár alatt maradt minden kezelésben (6. táblázat). Megemlítjük, hogy a Pb nem mozgékony a talaj-növény rendszerben, bár a talajvizsgálatok szerint jelentős hányada a talajban „oldható” formában található! Szabadföldi tartamkísérletünk a fenti eredményeket alátámasztja (Kádár et al. 2000a, b).

Köszönetnyilvánítás

A munka a 49042 és 68665 sz. OTKA, valamint a CRO-13/2006 sz. pályázat eredményeként az NKTH és a KPI támogatásával jött létre, mely támogatás forrása a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap.

6. táblázat. Bőrgyári szennyvíziszap hatása a talaj Pb és As tartalmára
(Tenyészedény-kísérlet)

Talajok	Iszapterhelés g/kg talajra (2)					SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
megnevezése (1)	0	7,5	15	30	60		
Pb-terhelés, mg/kg (5)							
	0	0,9	1,8	3,6	7,2		
cc. HNO ₃ +cc. H ₂ O ₂ -oldható „összes” Pb, mg/kg (6)							
Nyírlugos	3	6	7	11	15		8
Órbottyán	5	5	8	8	14	4	8
Nagyhörcsök	12	14	15	17	20		16
Gyöngyös	24	22	26	28	31		26
Átlag (4)	11	12	14	16	20	2	15
NH ₄ -acetát+EDTA oldható Pb, mg/kg (7)							
Nyírlugos	1,7	3,0	3,4	4,1	5,6		3,6
Órbottyán	2,3	2,6	3,1	3,3	5,0	1,2	3,3
Nagyhörcsök	3,5	3,9	4,2	4,9	6,3		4,6
Gyöngyös	8,2	8,2	8,9	9,0	10,6		9,0
Átlag (4)	3,9	4,4	5,0	5,3	6,8	0,6	5,1
As-terhelés, mg/kg (8)							
	0	0,05	0,10	0,20	0,40		
cc. HNO ₃ +cc. H ₂ O ₂ -oldható „összes” As, mg/kg (9)							
Nyírlugos	1,5	1,8	1,7	1,8	2,1		1,8
Órbottyán	3,0	3,1	3,2	2,9	3,3	0,6	3,1
Nagyhörcsök	7,8	8,1	7,8	7,8	8,0		7,8
Gyöngyös	8,0	8,4	8,2	8,1	8,6		8,3
Átlag (4)	5,1	5,3	5,2	5,2	5,5	0,3	5,2
NH ₄ -acetát+EDTA oldható As, µg/kg (10)							
Nyírlugos	80	80	105	110	209		117
Órbottyán	101	119	141	145	180	40	137
Nagyhörcsök	80	80	80	85	124		90
Gyöngyös	80	80	85	110	185		108
Átlag (4)	85	90	103	113	175	20	113

Az iszap sz. a 117 mg/kg Pb és 6,6 mg/kg As elemet tartalmazott. A tavaszi árpa mag és szalma termésében az Pb 0,5 mg/kg, az As 0,3 mg/kg méréshatár alatt maradt.

Table 6. The effect of leather factory wastewater sludge on the Pb and As content of the soil (pot experiment). (1) Soils, (2) Sludge load (g kg⁻¹) on soils, (3) LSD_{5%}, (4) Average, (5) Pb load, mg kg⁻¹, (6) cc. HNO₃+cc. H₂O₂-soluble "total" Pb, mg kg⁻¹, (7) NH₄-acetate+EDTA-soluble Pb, mg kg⁻¹, (8) As load mg kg⁻¹, (9) cc. HNO₃+cc. H₂O₂-soluble "total" As, mg kg⁻¹, (10) NH₄-acetate+EDTA-soluble As, µg kg⁻¹. Note: The sludge dry matter contained 117 mg kg⁻¹ Pb and 6.6 mg kg⁻¹ As. In the grain and straw yield of spring barley, Pb 0.5 mg kg⁻¹ and As 0.3 mg kg⁻¹ were below the level of detection.

IRODALOM

- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.*: 1987. A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bingham, F. T.*: 1973. Boron in cultivated soils and irrigation waters. [In: Trace elements in the environment.] Amer. Chem. Soc., Washington D. C. 130–143.
- Chaney, R. L.*: 1982. Fate of toxic substances in sludge applied to cropland. [In: Proc. Int. Symp. Land Application of Sewage Sludge.] Tokyo. Japan. 259–324.
- Csathó P.*: 1994. A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. MTA TAKI. Budapest. 176.
- Debreczeni I.–Izsáki Z.*: 1985. Bőrgyári szennyvíziszap hatása a növények elemi összetételére. Növénytermelés. 31. 4: 551–559.
- Diez, Th.–Rosopulo, A.*: 1976. Schwermetallgehalte in Böden und Pflanzen nach extrem hohen Klärschlammgaben. Landw. Forsch. Sonderheft. 33: 236–248.
- Diez, Th.–Rosopulo, A.*: 1978. Schwermetallaufnahme von Mais nach Düngung mit Siedlungsabfällen in Abhängigkeit vom Standort. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 27: 15–22.
- Diez, Th.–Rosopulo, A.*: 1980. Schwermetallaufnahme verschiedenen Getreidearten aus hochbelasteten Böden unter Feldbedingungen. Kézirat. MTA TAKI. Budapest. 1–8.
- Eaton, F. M.*: 1944. Deficiency, toxicity and accumulation of B in plants. J. Agric. Res. 69: 237–277.
- Gutser, R.–Amberger, A.–Wünsch, A.*: 1978. Schwermetallaufnahme verschiedener Pflanzen im Gefäßversuch aus Böden mit langjähriger bzw. Einmaliger Anwendung von Klärschlamm. Landw. Forsch. 35: 335–349.
- ISO 11261*: 1995. Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method.
- Izsáki Z.–Debreczeni I.*: 1987. Bőrgyári szennyvíziszappal végzett trágyázás hatásának vizsgálata homoktalajon. Növénytermelés. 36. 4: 481–489.
- Izsáki Z.–Debreczeni I.*: 1989. A bőrgyári szennyvíziszap-trágyázás hatása és utóhatása kalászos gabonákra homoktalajokon. Növénytermelés. 38. 3: 231–239.
- Kádár I.*: 2003. Mikroelem-terhelés hatása az őszi árpára karbonátos csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 52: 105–120.
- Kádár I.–Csathó P.*: 1991. A K és B trágyázás hatása a kukoricára. [In: Csathó P. (szerk.) A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés.] MTA TAKI. Budapest. 143–144.
- Kádár I.–Morvai B.*: 2008a. Bőrgyári szennyvíziszap vizsgálata tenyészedény-kísérletben. A Ca, Na és Cr elemek forgalma. Növénytermelés. 57. 1: 33–48.
- Kádár I.–Morvai B.*: 2008b. Bőrgyári szennyvíziszap vizsgálata tenyészedény kísérletben. A K, Sr, S, P, Fe, Mn és Al elemek forgalma. Növénytermelés. 57. 2: 123–134.
- Kádár I.–Radics L.–Bana Kné.*: 2000a. Mikroelemterhelés hatása a kukoricára karbonátos csernozjomon. Agrokémia és Talajtan. 49: 181–204.

- Kádár I.-Koncz J.-Gulyás F.*: 2000b. Mikroelemterhelés hatása a kukorica összetételére és a talaj könnyen oldható elemtartalmára karbonátos csernozzomon. *Agrokémia és Talajtan*. 49: 205–220.
- Kádár I.-Shalaby M. H.*: 1985. A K és B trágyázás hatása a talaj és a növény tápelemtartalmára. *Növénytermelés*. 34. 3: 321–327.
- Kick, M.-Poletschy, H.*: 1978. Ein kurzbericht über langjährige Feldversuche mit Müllkomposten und Klärschlämmen. Schwermetalle in der Erntemasse. *Landw. Forsch.* 35: 412–418.
- Kjeldahl, J.*: 1891. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschr. f. analyt. Chemie*. 22: 366–382.
- Lakanen, E. – Erviö, R.*: 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. *Acta Agr. Fenn.* 123: 223–232.
- Mortvedt, J. J.-Cunningham, H. G.*: 1971. Production, marketing and use of other secondary and micronutrient fertilizers. [In: Olson, R. A. (ed.) *Fertilizer technology and use.*] *Soil Sci. Soc. Of Amer., Madison, WI.* 49–77.
- Shalaby, M. H.-Kádár I.*: 1984. A kálium és bór közötti kölcsönhatások vizsgálata napraforgó jelzőnövénnyel meszes homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. 33: 275–280.
- Simon L.*: 1996. Komposztált szennyvíziszap hatása mezőgazdasági haszonnövények tápelem felvételére és nehézfém akkumulációjára. [In: Dudinszky L.-né (szerk.) *Pro Aqua.*] *Sopron*. 2: 829–847.
- Simon L. (szerk.)*: 1999. Talajszennyeződés, talajtisztítás. *Környezetgazdálkodási Intézet*. Budapest. 1–217.
- Sommer, G.*: 1978. Fefässversuche zur Ermittlung der Schadgrenzen von Cd, Cu, Pb und Zn im Hinblick auf den Einsatz von Abfallstoffen in der Landwirtschaft. 2. Mitteilung. *Landw. Forsch.* 35: 350–364.
- Wear, J. I.-Patterson, R. M.*: 1962. Effect of soil pH and texture on the availability of water-soluble boron in the soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 26: 543–546.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Kádár Imre–Morvai Balázs
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022