

Mikroelem-terhelés hatása a sóskára (*Rumex rugosus* L.) karbonátos homoktalajon

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

Összefoglalás

Karbonátos Duna-Tisza közti homoktalajon vizsgáltuk a 0, 30, 90, 270 kg/ha mikroelem-terhelés hatását a sóskára. A mikroelemek sóit egy ízben a kísérlet indulásakor 1995. tavaszán szórtuk ki $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CuSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, Na_2SeO_3 , ZnSO_4 formájában. A 6 elem \times 4 terhelés=24 kezelés \times 3 ismétlés=72 parcellát jelentett $7\times 5=35$ m² parcellákkal. Termőhely a homoktalajokra jellemzően rossz vízgazdálkodású, aszályérzékeny és az NPK főbb tápelemekkel gyengén ellátott. A szántott réteg 0,7-1,0% humuszt, 2-3% CaCO_3 -ot tartalmaz, a talajvíz 5-10 m mélyen található. Alaptrágyaként 100 kg/ha N, 100 kg/ha P_2O_5 és 100 kg/ha K_2O hatóanyagot alkalmazunk évente az egész kísérletben. Főbb eredmények:

1. A sóska mintegy 3 hónapos tenyészideje alatt mindössze 152 mm csapadékot kapott. A zöld levéltermés szennyezetlen kontroll talajon mérsékelt maradt, 13-17 t/ha között ingadozott 11-12% légszáranyag tartalommal.
2. Az 5 évvel ezelőtt adott Cr kevesebb, mint 1%-át, a Se mintegy 2%-át, a Zn 20%-át, Pb 38%-át, illetve a Cu 44%-át találtuk dúsulásként a szántott rétegben NH_4 -acetát+EDTA oldható formában. A Cr(VI) és a Se feltehetően, illetve döntően a mélyebb rétegekbe mosódhatott, míg a Zn, Pb és Cu más formákká alakulhatott a talajban.
3. Az 1 mg/kg feletti oldható Se, illetve 9 mg/kg feletti oldható Zn tartalmak esetén toxicitás lépett fel. A 2 mg/kg Se-tartalmú talajon a sóska termése 1/5-ére, a 19 mg/kg Zn-tartalmú talajon felére esett vissza.
4. A maximális levélbeni koncentráció mindössze 4-5 mg/kg Cr és Pb, 8 mg/kg Cu, 38 mg/kg Zn értéket ért el szennyezett talajon, mérsékelt akkumulációt jelezve. A Se viszont 446-szorosára dúsult a kontrollhoz képest, hiperakkumulációt mutatva. Az elemfelvétel maximumát 6-8 g/ha Cr és Pb, 13 g/ha Cu, 38 g/ha Zn és 211 g/ha

Se jelezte. A szennyezett talajon termett sóska levél élelmezési célokra alkalmatlaná vált az Pb és Se kezelésekből elemátulása miatt. A mérsékelt Cr és Cu akkumuláció viszont a természetes biológiai értékét inkább növelheti.

5. A 10 t/ha friss sóska termés fajlagos elemtartalma 22 kg N, 18 kg P₂O₅, 53 kg K₂O, 25 kg CaO, 20 kg MgO és 3 kg S mennyiséget tett ki a kontroll talajon. A kicsi terméssel száraz évben emelkedett elemtartalmaikat kaptunk, melyeket nem javasolunk a növény elemigényének számításakor a szaktanácsadásban figyelembe venni.

Kulcsszavak: sóska, mikroelem-terhelés, karbonátos homoktalaj, toxicitás, szabadföldi kísérlet

The effect of microelement load on garden sorrel on calcareous sandy soil

I. KÁDÁR

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

Summary

The effect of 0, 30, 90 and 270 kg ha⁻¹ microelement load on garden sorrel was examined on calcareous sandy soil in the Danube-Tisza mid-region. The microelement salts were applied in one turn in the form of Cr₂(SO₄)₃, K₂Cr₂O₇, CuSO₄, Pb(NO₃)₂, Na₂SeO₃, ZnSO₄ in the spring of 1995. The 6 elements×4 loads=24 treatments×3 replications resulted in 72 plots, each 7×5=35 m² in size. The production site had bad water management, it was weakly supplied with NPK and the soil is drought-sensitive, which is typical of sandy soils. The ploughed layer contains 0.7–1.0% humus, 2–3% CaCO₃ and the soil water level is at 5–10 m. 100 kg N ha⁻¹, 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ and 100 kg K₂O ha⁻¹ basic fertilisers were used each year in the whole trial. Main results:

1. Altogether, there was 152 mm rainfall during the 3-month long growing season of garden sorrel. The green leaf yield remained moderate on unpolluted control soil, fluctuating between 13–17 t ha⁻¹ with 11–12% air-dry matter content.
2. Of the elements applied 5 years ago, less than 1% of Cr, 2% of Se, 20% of Zn, 38% of Pb and 44% of Cu were found in accumulated form in the ploughed layer in

NH₄-acetate+EDTA-soluble form. It is assumed that the majority of the Cr(VI) and Se content was leached into deeper layers, while Zn, Pb and Cu could have transformed into other forms in the soil.

3. Toxicity was observed in the case of Se content above 1 mg kg⁻¹ and Zn content above 9 mg kg⁻¹. The yield of garden sorrel decreased to one fifth on the soil which contains 2 mg kg⁻¹ Se, while it decreased to its half on the soil that contains 19 mg kg⁻¹ Zn.
4. The highest Cr and Pb concentration in the leaf was only 4–5 mg kg⁻¹, while other values were 8 mg kg⁻¹ Cu and 38 mg kg⁻¹ Zn on polluted soil, showing moderate accumulation. However, the amount of Se increased to 446 times its concentration in the control plot, showing hyperaccumulation. The highest value of element uptake was shown by 6–8 g ha⁻¹ Cr and Pb, 13 g ha⁻¹ Cu, 38 g ha⁻¹ Zn and 211 g ha⁻¹ Se. The leaf of garden sorrel grown on polluted soil became unsuitable for human consumption due to the accumulation observed in the Pb and Se treatments. However, the moderate Cr and Cu accumulation could even improve the biological value of yield.
5. The specific element content of 10 t ha⁻¹ fresh garden sorrel yield was 22 kg N, 18 kg P₂O₅, 53 kg K₂O, 25 kg CaO, 20 kg MgO and 3 kg S on the control plot. The small yield was accompanied with elevated element contents in dry years. We do not recommend to consider these values when calculating the element demand of plants during consultancy.

Key words: garden sorrel, microelement-load, calcareous sandy soil, toxicity, field trial

Влияние нагрузки микроэлементов на щавель (*Rumex rugosus* L.) на песчаной карбонатной почве

И. КАДАР

Исследовательский Институт Почвоведения и Агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

На карбонатной песчаной почве междуречья Дуная и Тиссы исследовали влияние нагрузок 0, 30, 90, 270 kg/ha микроэлементов на щавель. Соли микроэлементов один раз в начале опыта весной 1995 года рассыпали в форме Cr₂(SO₄)₃, K₂Cr₂O₇, CuSO₄, Pb(NO₃)₂, Na₂SeO₃, ZnSO₄. 6 элементов×4 нагрузки=24 дозы×3 повторения=озна-

чало 72 парцеллы, каждая $7 \times 5 = 35 \text{ m}^2$. Место выращивания с характерным для песчаных почв плохим водохозяйством, чувствительна к засухе и слабо обеспечена главными элементами NPK. Вспаханный слой содержит 0,7–1,0% гумуса, 2–3% CaCO_3 , грунтовые воды расположены на глубине 5–10 м. В качестве основного удобрения применяем действующее вещество 100 kg/ha N, 100 kg/ha P_2O_5 и 100 kg/ha K_2O ежегодно во всем опыте. Главные результаты:

1. Щавель за весь 3-х месячный вегетационный период получил всего 152 mm осадков. Урожай зелёных листьев на незагрязнённой контрольной почве остался умеренным, колебался в пределах 13–17 t/ha с содержанием сухого вещества 11–12%.
2. Обнаружили в качестве прибавки в пахотном слое внесённые 5 лет назад Cr меньше, чем 1%, Se всего 2%, Zn 20%, Pb 38%, а также Cu 44% в растворимой форме NH_4 -acetát+EDTA. Предположительно, что Cr(VI) и Se, в основном в более глубокие слои мог вымыться, а Zn, Pb и Cu могли преобразоваться в другие формы в почве.
3. В случае содержания больше 1 mg/kg растворимого Se, а также больше 9 mg/kg растворимого Zn появилась токсикация. На почве, содержащей 2 mg/kg Se урожай щавеля уменьшился на 1/5, а на почве с содержанием 19 mg/kg Zn урожай сократился наполовину.
4. Максимальная концентрация в листьях достигла величин всего 4–5 mg/kg Cr и Pb, 8 mg/kg Cu, 38 mg/kg Zn на загрязнённой почве, показывая умеренную аккумуляцию. Однако Se в 446 раза стало больше по сравнению с контролем, проявив гипераккумуляцию. Максимум приема элементов был 6–8 g/ha Cr и Pb, 13 g/ha Cu, 38 g/ha Zn и 211 g/ha Se. Выращенные на загрязнённой почве листья щавеля стали неприемлимы для пищевых целей из-за накопления в них элементов Pb и Se, внесённых при их обработках. Но умеренная аккумуляция Cr и Cu может увеличить биологическую ценность урожая.
5. Количество удельного содержания элементов свежего 10 t/ha урожая щавеля составило 22 kg N, 18 kg P_2O_5 , 53 kg K_2O , 25 kg CaO, 20 kg MgO и 3 kg S на контрольной почве. В сухой год с меньшим урожаем получили повышенное содержание элементов, которые не рекомендуем применять в профессиональных рекомендациях при вычислении потребности растений в элементах.

Ключевые слова: щавель, нагрузка микроэлементами, карбонатная песчаная почва, токсикация, грунтовый опыт

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A keserűfűfélék családjába tartozó közönséges vagy kerti sóska főként a korai vitamin és ásványi só ellátásban játszik szerepet. Termőtájai nem alakultak ki, viszont kertekben az ország egész területén előfordul. Erőtelmes gyökértörzse 40–50 cm-re hatol a talajba, majd a főgyökér elfásodik és a felszín közelben járulékos gyökérzet fejlődik ki. Egész Európában, Ázsiában őshonos, nedves területeken és réteken vad alakja nálunk is megtalálható. Levelei törzszát képeznek, szára 100–150 cm-re megnőhet. Hosszú megvilágítás és meleg hatására gyorsan megszárba megy (Cselótei et al. 1993, Balázs 1994).

Korán vethető, már március végén, amikor a talajra rá lehet menni. Mivel igen lassú a kelése, sorjelző növénynek a fejes salátát használják. A kapálás miatt 30–50 cm sortávra vetik, 2–3 cm mélyre, kerti magágyba, 2–3 kg/ha vetőmaggal. Víz- és tápanyagigényesnek minősül, főként sok N-t és kevesebb P-t hasznosít. Nem elhanyagolható K, Ca, Mg szükséglete, melyet hagyományosan a bőséges istállótrágyázással fedeztek. Terbe (1994) szerint azonban „a sóska környezeti igényéről nagyon keveset tudunk, kutatásával alig foglalkoznak.”

A leveles zöldségféléknek, különösen a salátának és a spenótnak nemkívánatosan nagy lehet az oxálsav, nitrát és káros elem akkumulációja. A felnőttek számára 1200–1500 mg/kg, a csecsemőtápszerben 250 mg NO₃/kg friss anyagra engedélyezett a legtöbb európai országban. A 7–10% szárazanyagra vetítve ez a határkoncentráció a felnőttekre 1% körüli NO₃-ot vagy 0,23% NO₃-N-t, a csecsemőkre 0,25% körüli NO₃-ot vagy 500–600 mg/kg NO₃-N-t jelenthet. Vajon mennyit akkumulál a sóska? Az ismertebb kézikönyvek nem közölnek erre vonatkozó adatokat (Marschner 1985, Bergmann 1988).

A túlzott oxálsav-tartalom a növény élelmiszer, ill. takarmányértékét csökkenti, hiszen emésztési zavarokat okoz és mérgező lehet. Az oxálsavat mint redukáló szert gyakran használták tinta- és rozsdafoltok eltávolítására és a sóskalevelek „kifőzésével” már a XII. században előállították. A növényben főként K-oxalát, K₂C₂O₄ formájában található. Kórósodás előtti zsenge állapotban az oxálsavban vagy sóskasavban szegény hajtás jó takarmánynak minősül. Erre utal a lósóska, lórom, réti sóska vagy édes lapu elnevezés is (Révai Lexikon 1925).

Ami a humántoxikológiai szempontból legveszélyesebb elemet, a Cd-ot illeti, Bingham et al. (1975) szerint ahol a kalászosok szemtermésében mindössze néhány mg/kg Cd mutatható ki, azon a talajon a spenót levelében 160 mg/kg sz. a.

koncentráció is felléphet. A Kaliforniában végzett tenyészedény-kísérletekben a meszes vályog talaj 10 mg/kg Cd-készlettel rendelkezett. A növénybeni/talajbani koncentráció-növekedés hányadosaként ismert transzfer koefficiens, azaz a talajhoz viszonyított növénybeni dúsulási faktor a „leveles zöldségfélékre” 1–10 közötti *Sauerbeck* (1982, 1991) vizsgálati eredményei alapján a Cd, Zn, Tl, Mo elemekre. E tekintetben nem világos, vajon a sóska is „leveles zöldségféle” hasonló elemfelhalmozással? Vagy a más családba sorolt, eltérő fajt képviselő sóska nem vehető egy kalap alá a spenóttal és a salátával?

Mészlepedékes csernozjom talajon a kísérlet 9. évében teszteltük a sóska mikroelemekkel szembeni reakcióját. A 13 vizsgált elemből az As, Cd és a Se bizonyult toxikusnak a növényre. A 9 évvel korábban adott 90 kg/ha Se-terhelés 35%-os depressziót okozott, a 270 és 810 kg/ha terhelésnél a sóska ki sem kelt. Az erősen szennyezett talajon a Cu és Zn 2-szeresére, Pb 5-szörösére, Cr a Cr(VI) kezelésben 7-szeresére, míg a Se 600-szorosára dúsult a szennyezetlen kontrollhoz viszonyítva. Megállapítottuk, hogy hasonló viszonyok között a sóska termése 101 év alatt állítaná helyre a Se-mentes, 825 év alatt a Zn-mentes, 3750 év alatt a Cu-mentes, illetve 10 ezer esztendőt meghaladóan a Cr-és Pb-mentes eredeti állapotú szennyezetlen talajt fitoremediáció útján (*Kádár és Daood* 2003).

A Duna-Tisza közti karbonátos homokon az első kísérleti évben 1995-ben termett sárgarépará toxikusnak a Cr(VI), Se, Zn kezelések bizonyultak. A második évben termésnövekedéshez csak a nagyobb Se és Zn adagok vezettek a zöldborsó kísérletben. A harmadik évben az őszi búza szintén termésdepressziót jelzett a 270 kg/ha Zn-terhelés és a 90 kg/ha feletti Se-terhelés nyomán. A kísérlet 4. évében termett napraforgóban a termésnövekedés már a 30 kg/ha adagnál igazolható volt, míg a 270 kg/ha terhelésnél gyakorlatilag az állomány kipusztult, a földfeletti biomassa tömege a kontrollon mért 1/10-ére zuhant (*Kádár* 2010).

Jelen munkánkban a mikroelem-terhelés 5. évének utóhatását kísérjük figyelemmel a sóska fejlődésére, termésére, lombjának összetételére és elemfelvételére. A kontrolltalajon mért fajlagos elemtartalom iránymutatóul szolgálhat a sóska elemigényének becslésében a szaktanácsadás során. A szennyezett talajon kapott elemfelvétel pedig a talaj biológiai tisztításának, a fitoremediáció módszerének alkalmazhatóságára keresi a választ. Végül közöljük a szántott réteg NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalmának alakulását a kezelések hatására.

Anyag és módszer

Kísérletünket 1995 tavaszán állítottuk be az MTA TAKI Órbottyán kísérleti telepén, mely a Duna-Tisza közti homokhátság északi részén, gödöllői dombvidék pereméhez közel helyezkedik el. A talajvíz tükre 5–10 m mélyen található, a talajképződési folyamatokat, illetve a trágyahatásokat nem befolyásolja. Termőhely a homoktalajokra jellemzően rossz vízgazdálkodású, aszályérzékeny, heterogén és az NPK főbb tápelemekkel gyengén ellátott. A szántott réteg 0,7–1,0% humuszt és 2–3% CaCO_3 -ot tartalmaz. A humuszos réteg a ráhordásokkal 1 m mélységig terjedhet. A CaCO_3 mennyisége a 2 m körüli mélységben elérheti a 10%-ot. A $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 7,2–7,3, a $\text{pH}(\text{KCl})$ 7,0 körüli átlagosan a feltalajban, a K_A 25–26.

Az alkalmazott mikroelemek sóit egy ízben, a kísérlet indulásakor 1995. tavaszán juttattuk ki $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, CuSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, Na_2SeO_3 , ZnSO_4 formájában. Az adagok 0, 30, 90, 270 kg/ha elemterhelést jelentettek. A 6 elem \times 4 terhelési szint=24 kezelést 3 ismétlésben állítottuk be 72 parcellán. A parcellák mérete $7 \times 5 = 35 \text{ m}^2$, összes területük 2520 m^2 . A parcellákat oldalirányban 1–1 m, hosszirányban (művelés iránya) 2–2 m út választja el egymástól a jobb megközelíthetőség és a talajáthordás megakadályozása céljából. Az utak és szegélyek területe 1736 m^2 , a kísérlet teljes területe 4256 m^2 .

Alaptrágyaként évente 100 kg N, 100 kg P_2O_5 és 100 kg K_2O hatóanyagot alkalmazunk egységesen az egész kísérletben NH_4NO_3 , szuperfoszfát, illetve kálisó formájában. A N műtrágyát megosztva felét ősszel a PK műtrágyával együtt szántás előtt szórjuk ki, míg a N másik felét tavasszal vetés előtt (tavaszi növények) vagy fejtrágyaként (őszi vetésű növények) juttatjuk ki. Talajművelés az üzemekben szokásos módon történik. Talajfertőtlenítést és vegyszeres gyomirtást általában nem végzünk. A növényállomány fejlődését, illetve a kezeléshatásokat nyomon követve többszöri bonitálásra is sor kerülhet a tenyészidő során.

A talajok alapvizsgálatait a *MÉM NAK* (1978), illetve *Baranyai et al.* (1987) által ismertetett módon végezzük. A $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ feltárással becsült „összes” elemtartalmat az *MSZ 21470-50* (2006) sz. szabvány szerint határozzuk meg. Az NH_4 -acetát+EDTA oldható elemtartalmakat *Lakanen* és *Erviö* (1971) módszerével, a N-t $\text{cc.H}_2\text{SO}_4 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ feltárással az *ISO 11261* (1995) szerint módosított *Kjeldahl* (1891) eljárással vizsgáljuk. A növénymintákat szintén $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ elegyével roncsoljuk, illetve a N-tartalmat *Kjeldahl* mód-

szere nyomán határoztuk meg. Rutinszerűen 20–25 elemet vizsgálunk a talajban és a növényi anyagban ICP technikát alkalmazva. A laborvizsgálatokat megelőzően a talaj-és növénytípusok 40–50 °C-on való szárítását és homogenizálását a kísérleti telepen végzik.

A növényi sorrend sárgarépa, borsó, búza, napraforgó volt. A kísérletben végzett műveletekről és megfigyelésekről az *1. táblázat* nyújt áttekintést. A vetés 1999. március 30-án történt 40 cm sortávolságra 300 db/fm csíraszám-mal, Pallagi nagylevelű fajtával. A lassú, egyenetlen kezelést követően állománybonitálást végeztünk törőzsás állapotban június elején és betakarításkor július elején. A sorközök kapálására kétszer került sor a tenyészidő folyamán. Betakarításkor a földfeletti hajtást kézzel vágtuk le a talaj felett kb. 4 cm magasságban, 8–8 fm növényi anyagot begyűjtve. Ezt követően parcellánként 20–20 lefűrés talaját egyesítve átlagmintákat vettünk a szántott rétegből.

A sóska csapadékellátottságát a következők jellemzik. A kísérleti terület márciusban 7, áprilisban 30, májusban 72, júniusban 50 mm esőt kapott. A vízhiány miatt az állomány vontatottan fejlődött és a zöld hajtás hozama mérsékelte, 13 t/ha körüli tömeget adott.

Eredmények értékelése

Az 5. év végén végzett talajelemzéseink szerint NH_4 -acetát+EDTA oldható formában igen kicsi Cr-akkumuláció jelentkezett a szántott rétegben. A maximális 270 kg/ha, azaz 90 mg/kg talajterhelés nyomán mintegy 0,7 mg/kg értékkel nőtt az oldható Cr készlete. Tehát kevesebb, mint 1%-ot tükröz az akkumuláció átlagosan a bevitt mennyiséghez képest. A Cr(VI) kezelésben ez a dúsulás kétségtelenül jobban kimutatható. A Se esetében szintén egy nagyságrendet elérő, de kis dúsulás figyelhető meg. A maximális 90 mg/kg terhelésnél 2 mg/kg a növekmény, tehát 2,2%-át találjuk a szántott rétegben e módszer szerint vizsgálva. Hasonló módon becsülve, kereken a maximálisan adott Zn 20%-át, Pb 38%-át, illetve a Cu 44%-át tudtuk ily módon nyomon követni. A vízoldható Cr(VI) és a Se része az altalajba mosódhatott, illetve a Cr(VI).

Cr(III) formában megkötődhetett. A Zn, Pb és Cu szintén e módszerrel ki nem mutatható vegyületekké alakulhatott a talajban.

A vizsgált mikroelemek közül a sóska fejlődésére és termésére hatást csak a Se és a Zn mutatott. A növekvő Se-terheléssel a növényállomány kiritkult, fejlődésben visszamaradt, elsárgult és jelentős részben kipusztult. A Se-toxicitás

nyomán a levélzet légszáranyag tartalma emelkedett és a hozam 1/5-ére esett vissza. A 90 kg/ha Zn-terhelésnél és a felett kevésbé látványos, de hasonló depresszió figyelhető meg. A talajvizsgálatok alapján megállapítható, hogy a toxicitás 1 mg/kg feletti Se-tartalomnál, illetve 9 mg/kg NH₄-acetát+EDTA oldható Zn-tartalomnál lépett fel a sóskában (2. és 3. táblázat).

1. táblázat. A sóska mikroelem kísérletben végzett műveletek és megfigyelések 1999-ben (karbonátos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze)

Műveletek és megfigyelések (1)	Időpont (2)	Módszertani megjegyzések (3)
1. Őszi NPK alapműtrágyázás (4)	1998.10.10.	Parcellánként kézzel (15)
2. Egyirányú szántás (5)	1998.10.11.	MTZ-50+2 fejű eke (16)
3. Tavasz N-műtrágyázás (6)	1999.03.19.	Parcellánként kézzel (15)
4. Vetőágy készítés (7)	1999.03.23.	MTZ-50+kombinátor, henger (17)
5. Vetés, hengerezés (8)	1999.03.30.	Kézi 1 soros vetőpuska (18)
6. Gyomfelvételezés (9)	1999.05.01.	Parcellánkénti borítottági % (19)
7. Gyomirtó kapálás (10)	1999.05.10.	Parcellánként kézzel (15)
8. Gyomirtó kapálás (10)	1999.05.30.	Parcellánként kézzel (15)
9. Bonitálás állományra (11)	1999.06.07.	Parcellánként 1-5 skálán (20)
10. Bonitálás betakarításkor (12)	1999.07.06.	Parcellánként 1-5 skálán (20)
11. Mintavétel, földfeletti hajtás (13)	1999.07.07.	Parcellánként 8-8 fm (21)
12. Talajmintavétel (0-20 cm) (14)	1999.07.29.	Parcellánként 20-20 lefűrés (22)

Megjegyzés: A vetés 300 db/fm csíraszámával, 40 cm sortávra Pallagi nagylevelű fajtaival történt.

Table 1. Operations and observations in the garden sorrel microelement trial in 1999 (Calcareous sandy soil, Órbottyán, Danube-Tisza mid-region). (1) Operations and observations, (2) Date (year.month.day), (3) Methodological notes, (4) Autumn NPK basic fertilisation, (5) One-way ploughing, (6) Spring N fertilisation, (7) Seedbed preparation, (8) Sowing, using roller, (9) Weed survey, (10) Weed control by hoeing, (11) Classification of the population, (12) Classification during harvest, (13) Sampling of the above-ground shoot, (14) Soil sampling (0-20 cm), (15) Manually per plot, (16) MTZ-50 tractor+double-headed plough, (17) MTZ-50 tractor+combinator and roller, (18) One-row manual sowing gun, (19) Coverage per plot (%), (20) On a 1-5 scale per plot, (21) 8-8 rm per plot, (22) 20-20 drills per plot. Note: The number of germs was 300/rm; spacing: 40 cm; variety: large-leaved Pallagi.

A sóska levél összetételéről a 4. táblázat adatai tájékoztatnak. Látható, hogy a lomb Cr-tartalma mérsékelten, de igazolhatóan nő mind a Cr(III), mind a Cr(VI) kezelésben. Utóbbi esetben némileg kifejezettebben. Hasonló mérsékelt növekedést mutat a lomb Pb-tartalma is a kontrollhoz viszonyítva. A Cu és a Zn fel-

vétele szintén többé-kevésbé gátolt ezen a termőhelyen 1,5–2,2-szeres emelkedést produkálva a szennyezetlen kontroll talajon mérthez képest. Az Se koncentrációja viszont 446-szorosára ugrik hiperakkumulációt jelezve. Az egyéb elemek átlagos tartalma: K 3,80%, N 1,92%, Ca 1,55%, Mg 1,10%, P 0,65%, S 0,21%, Fe 0,10%. A mikroelemek közül az Al 745, Mn 153, Sr 55, Na 40, B 30, Ba 16, Ni 1, Co és Mo 0,5, míg a Cd 0,1 mg/kg. Az As és Hg 0,1 mg/kg méréshatár alatt maradt.

Vajon mennyi szennyező mikroelemet volt képes a sóska termése a talajból kivonni? Változatlan körülmények között elméletileg hány évre volna szükség a talaj ilyen módon való megtisztításához, a fitoremediációhoz? Kezelések hatását a sóska lombjának becsült elemfelvételére az 5. táblázat mutatja be. A közölt adatok szerint a maximális Cr-felvétel és Pb-felvétel 6–7 g/ha körüli volt. A Cu felvett mennyisége kerekén 13 g, a Zn esetében 38 g, a Se esetében 134 g ha-ra vetítve. A 270 kg/ha talajból való eltávolítása tehát 38–39 ezer évet igényelne a Cr(III), Cr(VI) és Pb, közel 21 ezer évet a Cu, 7105 esztendő a Zn, és mintegy 2 ezer esztendőt a Se esetén.

2. táblázat. Kezelések hatása a szántott réteg NH_4 -acetát+EDTA oldható elemtartalmára 1999-ben
(karbonátos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze)

Elem jele (1)	Terhelés 1995 tavaszán, kg/ha (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	30	90	270		
Cr(III)	0,03	0,19	0,34	0,58	0,12	0,29
Cr(VI)	0,07	0,27	0,52	0,81	0,12	0,42
Cu	1,26	4,78	12,12	41,17	6,46	14,83
Pb	2,97	6,15	14,07	36,97	4,04	15,04
Se	0,29	0,69	1,10	2,31	0,34	1,10
Zn	1,21	3,35	9,02	18,82	3,61	8,10

Table 2. The effect of treatments on the NH_4 -acetate+EDTA-soluble element content of the ploughed layer in 1999 (Carbonated sandy soil, Órbottyán, Danube-Tisza mid-region). (1) Element, (2) Load in spring, 1995 kg ha⁻¹, (3) LSD_{5%}, (4) Mean.

3. táblázat. A toxikus Se és Zn terhelés hatása a sóska fejlődésére és termésére 1999-ben (karbonátos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze)

Vizsgált időpont és tulajdonság (1)	Se-terhelés 1995 tavaszán (kg/ha) (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	30	90	270		
	Bonitálás (1=pusztuló, 5=jól fejlett állomány) (5)					
06. 07-én (6)	3,7	3,7	2,7	1,0	1,2	2,8
07. 06-án (7)	3,7	3,7	2,7	1,3	1,3	2,8
Lombtermés 07. 07-én (8)						
Zöld (t/ha) (9)	12,7	11,4	5,1	2,1	4,9	7,8
Légszáranyag (t/ha) (10)	1,5	1,2	0,7	0,3	0,5	0,9
Légszáranyag (%) (11)	11,8	10,5	13,7	14,3	2,0	12,6

Vizsgált időpont és tulajdonság (1)	Zn-terhelés 1995 tavaszán (kg/ha) (12)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	30	90	270		
	Bonitálás (1=pusztuló, 5=jól fejlett állomány) (5)					
06. 07-én (6)	4,5	4,7	3,3	3,0	1,2	3,9
07. 06-án (7)	4,7	4,0	3,0	2,3	1,3	3,5
Lombtermés 07. 07-én (8)						
Zöld (t/ha) (9)	17,3	15,4	9,8	7,8	4,9	12,6
Légszáranyag (t/ha) (10)	1,9	1,6	1,2	1,0	0,5	1,4
Légszáranyag (%) (11)	11,0	10,4	12,2	12,8	2,0	11,6

Table 3. The effect of the toxic Se and Zn load on the development and yield of garden sorrel in 1999 (Calcareous sandy soil, Órbottyán, Danube-Tisza mid-region). (1) Examined date and trait, (2) Se load in the Spring of 1995, kg ha⁻¹, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Classification (1=decaying population, 5=well developed population, (6) on 7th June, (7) on 6th July, (8) leaf yield on 7th July, (9) Green mass t ha⁻¹, (10) Air-dry matter content, t ha⁻¹, (11) Air-dry matter content, %, (12) Zn load in the Spring of 1995, kg ha⁻¹.

4. táblázat. Kezelések hatása a légszáraz sóska lomb összetételére 1999-ben, mg/kg
(karbonátos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze)

Elem jele (1)	Terhelés 1995 tavaszán, kg/ha (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	30	90	270		
Cr(III)	1,1	1,4	1,6	3,8	1,4	2,0
Cr(VI)	1,6	1,5	2,1	4,8	1,4	2,5
Pb	1,1	1,6	1,5	4,5	1,2	2,2
Cu	3,8	4,5	5,5	8,4	0,9	5,5
Zn	24,6	26,3	32,9	38,0	4,9	30,4
Se	1,0	74,7	302,0	446,0	52,0	205,9

Egyéb elemek átlagos mennyisége: K 3,80; N 1,92; Ca 1,55; Mg 1,10; P 0,65; S 0,21; Fe 0,10%. Mikroelemek: Al 745, Mn 153, Sr 55, Na 40, B 30, Ba 16, Ni 1, Co és Mo 0,5; Cd 0,1 mg/kg. As és Hg 0,1 mg/kg alatt.

Table 4. The effect of treatments on the composition of the air-dry garden sorrel leaf in 1999, mg kg⁻¹ (Calcareous sandy soil, Órbottyán, Danube-Tisza mid-region). (1) Element, (2) Load in spring, 1995 kg ha⁻¹, (3) LSD_{5%}, (4) Mean. Average quantity of other elements: K 3.80, N 1.92, Ca 1.55, Mg 1.10, P 0.65, S 0.21, Fe 0.10%. Microelements: Al 745, Mn 153, Sr 55, Na 40, B 30, Ba 16, Ni 1, Co and Mo 0.5, Cd 0.1 mg kg⁻¹. As and Hg contents are below 0.1 mg kg⁻¹.

5. táblázat. Kezelések hatása a sóska lomb becsült elemfelvételére 1999-ben, g/ha
(karbonátos homoktalaj, Órbottyán, Duna-Tisza köze)

Elem jele (1)	Terhelés 1995 tavaszán, kg/ha (2)				SzD _{5%} (3)	Átlag (4)
	0	30	90	270		
Cr (III)	1,6	2,1	2,4	5,7	2,1	3,0
Cr (VI)	2,4	2,3	3,2	7,2	2,1	3,8
Pb	1,7	2,4	2,2	6,8	1,9	3,3
Cu	5,8	6,7	8,2	12,6	1,4	8,3
Zn	46,7	42,1	39,5	38,0	4,4	41,6
Se	1,4	89,6	211,4	133,8	50,9	109,0

A Cr (III), Cr (VI), Pb és Cu kezelésekben 1,5 t/ha átlagos légszáraz lombterméssel számolva. A K 57 kg, N 29 kg, Ca 23 kg, Mg 16 kg, P 10 kg, S 3 kg, Fe 1,5 kg, Al 712 g, Mn 230 g, Sr 82 g, Na 60 g, B 45 g, Ba 24 g, Ni 1,5 g, Co és Mo 0,75 g, Cd 0,15 g felvételt mutatott.

Table 5. The effect of treatments on the estimated element uptake of garden sorrel leaf in 1999, mg kg⁻¹ (Calcareous sandy soil, Órbottyán, Danube-Tisza mid-region). (1) Element, (2) Load in spring, 1995 kg ha⁻¹, (3) LSD_{5%}, (4) Mean. Calculating with 1.5 t ha⁻¹ average air-dry leaf yield in the Cr (III), Cr (VI), Pb and Cu treatments. Element uptake values: K 57 kg, N 29 kg, Ca 23 kg, Mg 16 kg, P 10 kg, S 3 kg, Fe 1.5 kg, Al 712 g, Mn 230 g, Sr 82 g, Na 60 g, B 45 g, Ba 24 g, Ni 1.5 g, Co és Mo 0.75 g, Cd 0.15 g.

Hasonló elvont számításoknak nem sok a realitása vagy életszerűsége természetesen. Csupán a fitoremediáció elvi korlátaira utalhatnak az így becsült „sóskaévek”. A fitoremediáció enyhén szennyezett területek tisztításában akkor juthat szerephez, amennyiben megfelelő hiperakkumulátor növényfajjal rendelkezünk. Az átlagos 13 t/ha körüli zöld, illetve 1,5 t/ha légszáras sóska tömege a szennyezetlen talajon 57 kg K, 29 kg N, 23 kg Ca, 16 kg Mg, 10 kg P, 3 kg S, 1–2 kg Fe, kereken 700 g Al, 230 g Mn, 80 g Sr, 60 g Na, 45 g B, 24 g Ba, 1–2 g Ni, illetve 0,5 g Co és Mo felvételt mutatott. Az As és Hg felvétele 0,1 g mennyiséget sem érte el, míg a Cd kb. 0,15 g-nak felelt meg (5. táblázat).

Mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon 1999-ben a viszonylag kedvező évben 40 t/ha körüli lombtermés képződött szennyezetlen talajon. A 10 t/ha zöld földfeletti hajtás fajlagos elemtartalma 17 kg N, 15 kg P₂O₅, 40 kg K₂O, 15 kg CaO, 9 kg Mo és 2 kg S mennyiségnek adódott (Kádár és Daood 2003).

A 10 t/ha zöld sóskatermés fajlagos elemtartalma jelen kísérletünkben 22 kg N, 18 kg P₂O₅, 53 kg K₂O, 25 kg CaO, 20 kg MgO és 2 kg S. A száraz évben kapott kis termésben az elemek feldúsultak a növényi szövetekben. Különösen a Ca és a Mg ezen a meszes homoktalajon. Szaktanácsadási célokra, a sóska fajlagos elemtartalmának figyelembe vételére továbbra is a mészlepedékes csernozjomon kapott fajlagos értékeket tartjuk alkalmasnak. A száraz évi emelkedett fajlagos tartalmak túl trágyázásra ösztönözhetnek. Valójában azonban a növény ilyenkor nem képes az adott trágyákat hasznosítani, melyek utóhatása a következő évi trágyaigényt inkább csökkentheti.

Ami a termés szennyezettségét illeti, a 9/2003. (III.13.) ESZCSM (2003) rendelet szárított zöldségre 0,05 mg/kg Hg, 0,5 mg/kg Cd, 1,0 mg/kg Pb, és 2 mg/kg As határértéket ír elő. A Cu és Zn elemekre nincs előírás.... „mivel e termények és termékek réz-és cinktartalmát döntő mértékben a természetes réz-és cinktartalom határozza meg. Kivételt képez a réztartalmú növényvédő szerekkel kezelt friss gyümölcs és zöldség, melyekre a réztartalom határértéke 10 mg/kg.” A rendelet a Cr és Se elemre sem tartalmaz útmutatást. A fentiek alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a kezelt talajon termelt sóska élelmezési célokra alkalmatlan lehet az Pb és Se elemekkel terhelt talajon. Az egészségügyi határérték élelmiszerekre és takarmányra egyaránt 2 mg/kg Se-tartalom felett Chaney (1982) szerint. A mérsékelt Cr és Cu akkumuláció viszont élettani szempontból inkább előnyösnek minősülhet.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás 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.

IRODALOM

- 9/2003 (III. 13.) ESZCSM: 2003. Az egészségügyi, szociális és családtügyi miniszter 9/2003. (III. 13.) ESZCSM rendelete az élelmiszerek vegyi szennyezettségének megengedhető mértékéről szóló 17/1999. (VI. 16.) EüM rendelet módosításáról. Magyar Közlöny. 25: 1960–1966.
- Balázs S. (szerk.): 1994. Zöldségtermesztők kézikönyve. 2. javított kiadás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Baranyai F.–Fekete A.–Kovács I.: 1987. A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bergmann, W.: 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- Bingham, F. T.–Page, A. L.–Mahler, R. J.–Ganje, T. J.: 1975. Growth and cadmium accumulation of plants grown on a soil treated with cadmium-enriched sewage sludge. J. Environ. Qual. 4: 207–211.
- Chaney, R. L.: 1982. Fate of toxic substances in sludge applied to cropland. [In: Land Application of Sewage Sludge. Intern. Symp. Proc. Tokyo, Japan. 259–324.
- Cselőtei L.–Nyíltó S.–Csáky A.: 1993. Kertészet. 5. átdolgozott kiadás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- ISO 11261: 1995. Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method.
- Kádár I.–Daood, H.: 2003. Mikroelem-terhelés hatása a sóskára karbonátos csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 52. 1: 93–104.
- Kádár I.: 2010. Mikroelem-terhelés a napraforgóra karbonátos homoktalajon. Agrokémia és Talajtan. 59. 2: 329–344.
- 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.
- Marschner, H.: 1985. Einfluss von Standort und Wirtschaftsbedingungen auf die Nitratgehalte in verschiedenen Pflanzenarten. Landw. Forsch. Sonderh. 16–23.
- MÉM NAK: 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiaili Központ. Budapest. 48.

- MSZ 21470-50*: 2006. Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és oldható toxikus elem, nehézfém és Cr(VI) tartalmának meghatározása. Magyar Szabványügyi Testület. Budapest. 33.
- Révai Lexikon*: 1925. Révai Nagy Lexikona. XVI. kötet. Szócikk. Rumex L. Révai Testvérek Irodalmi Intézet Rt. Budapest. 438.
- Sauerbeck, D.*: 1982. Welche Schwermetallgehalte in Pflanzen dürfen nicht überschritten werden, um Wachstumsbeeinträchtigungen zu vermeiden? Landw. Forsch., Sh. 39: 108–129.
- Sauerbeck, D.*: 1991. Plant, element and soil properties governing uptake and availability of heavy metals derived from sewage sludge. Water, Air, Soil Pollut. 57–58: 227–237.
- Terbe I.*: 1994. Spenót. [In: Balázs S. (szerk.) Zöldségtermesztők kézikönyve. 2. javított kiadás.] Mezőgazda Kiadó. Budapest. 571–576.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Kádár Imre
MTA Talajtani és Agrokémiiai Kutatóintézet
Budapest
Herman O. u. 15.
H-1022

