

Króm(III)-pikolinát vizsgálata a talaj–növény rendszerben

¹SZEGVÁRI ILDIKÓ, ²SIMON LÁSZLÓ és ³PROKISCH JÓZSEF

¹Hajdú-Bihar megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat, Debrecen,

²Nyíregyházi Főiskola Táj- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Nyíregyháza és

³Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Regionális Agrárműszerközpont, Debrecen

A talajokban lévő króm termodinamikailag stabilis formája a Cr^{3+} , amely a talajokra jellemző kémhatás- és redoxi-viszonyok között rosszul oldódó vegyületek formájában van jelen. Az adszorpció és a csapadékképződés következtében a króm immobilissá válik, ezért a talajoldatban mért koncentrációja rendkívül kicsi: $10 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001). A talajhoz adott szerves vegyületek (pl. citromsav, DTPA, fulvósav) hatására vízoldható Cr(III)-komplexek keletkeznek, amelyek a Cr^{3+} -iont a kritikus pH-érték felett is képesek oldatban tartani (JAMES & BARTLETT, 1983).

A talajoldat kis krómtartalma miatt a növények a talajból általában kevés krómot tudnak felvenni, a termesztett növények krómtartalma alacsony, $0,01\text{--}0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ értékek között változik. A zöld növények krómban gazdagabbak, mint a szemtermések vagy a gyümölcsök. A takarmányok krómtartalma az átlagnál nagyobb, általában $0,2\text{--}0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ közötti érték (SZABÓ et al., 1993). A Magyarországon termesztett őszi búza fajták szemterméseiben mért krómtartalom $0,11\text{--}0,12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ értékek között található (GYÖRI & PROKISCH, 1999). A növényfajok jelentősen különböznek krómfelvételi kapacitásukban (GRUBINGER et al., 1994; SOANE & SAUNDER, 1959). A különböző zöldségek közül nagy krómtartalmat a karalábéban ($18,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) és a brokkoliban ($14,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) mértek, az adatok szórása szintén a *Brassicaceae* (káposztafélék) növényeknél adódott a legnagyobb. Kis krómtartalom és szórás jellemezte a *Solanaceae* (burgonyafélék) és *Fabaceae* (hüvelyesek) növényfajokat; a paradicsomban $1,68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, a zöldbabban $1,04 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ koncentráció fordult elő (KAMBUROVA & RANKOV, 1995). A Cr(III)-kationok felvétele energiabefektetés nélkül, apoplazmás úton, diffúzió és ioncsere révén valósul meg (SKEFFINGTON et al., 1976; SHEWRY & PETERSON, 1974). Ebből következik, hogy a növény folyamatosan képes lenne felhalmozni a Cr(III)-ionokat, amennyiben az a talajoldatban rendelkezésre áll.

A Cr(III)-ionok transzlokációja a növényben kis mértékű, mivel a sejtfalhoz elektrosztatikusan kötve $\text{Cr}(\text{OH})_3$ csapadék vagy egyéb rosszul oldódó vegyületek formájában vannak jelen. A gyökérben akár tízszer–százszor nagyobb krómkon-

centráció mérhető, mint a föld feletti (hajtás, levél, szem) részekben (CARY et al., 1977; SRIVASTAVA et al., 1999).

A Cr(III) esszenciális mikroelem, az emberi és állati szervezetek glükóz-anyagcseréjében játszik szerepet, a glükóztolerancia-faktor alkotóelemeként az inzulinnal együtt a vércukorszintet szabályozza (MERTZ, 1975). Ezen kívül a zsírok lebontásában, a fehérjék anyagcseréjében, a nukleinsavak szintézisében vesz részt, erősíti az immunrendszert, növeli az élettartamot (MERTZ, 1982, 1993). Az emberi és állati táplálkozásban feltehetően krómhiány jelenik meg, mivel a termesztett élelmiszer- és takarmánynövények krómtartalma kicsi, a növények krómtartalmát a talaj szervesen Cr(III)-vegyületekkel (pl. $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$) való adagolásával nem sikerült megnövelni.

A Cr(III)-pikolinát, a Cr(III)-ion biológiailag felvehető komplexe, amely a humán és állati étrendben táplálék- és takarmány-kiegészítőként ismert, de a növényekre gyakorolt hatását eddig még nem tanulmányozták. A Cr(III)-pikolinát hatását a talaj–növény rendszerre tenyészedényes kísérletekben vizsgáltuk, célkitűzéseink az alábbiak voltak:

- a talaj tulajdonságainak (kémhatás, összes krómtartalom) változása,
- a növények krómfelvételének és transzlokációjának vizsgálata,
- a vegyület toxicitásának tanulmányozása a kísérlet során.

Anyag és módszer

A tenyészedényes kísérletekhez használt Cr(III)-pikolinát előállításához a $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ adott tömegéhez a pikolinsavat 1:3 sztöchiometriai aránynak megfelelő mennyiségben juttattuk ki STEARNS és ARMSTRONG (1992) szerint. Az oldódás és a komplexképződés elősegítéséhez az oldatot melegítettük, majd a reakció teljes lejátszódásához 2 percig forraltuk. A folyamatot intenzív színváltozás kísérte, mivel kezdetben az oldat a Cr(III)-klorid sötétzöld színét viselte, később azonban rózsaszínűvé alakult. A Cr(III)-pikolinát oldatból sikerült egykristályt növeszteni, így röntgendiffrakcióval meghatároztuk szerkezetét, amely megegyezik a STEARNS és ARMSTRONG (1992) cikkében közölttel.

A tenyészedényes kísérletekhez használt talaj a Debreceni Egyetem pallagi kísérleti telepéről (Debrecen–Pallag), a felső (0–20 cm) rétegből származott. A humuszos homoktalaj típusba tartozó talaj tulajdonságai a Hajdú-Bihar megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Talajvédelmi Laboratóriumában szabványos módszerekkel kerültek meghatározásra: pH (KCl): 7,48 (MSz-08-0206-2:1978); leiszapolható rész: 13,2 m/m% (MSz-08-0205:1978); humusz: 0,97 m/m% (MSz-08-210:1977); szénsavas mész: 2,2 m/m% (MSz-08-0206-2:1978); T-érték: 6,2 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (MSz-08-0215:1978); cc. HNO_3 + cc. H_2O_2 oldható, ún. „összes” króm 10,6 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (MSz 21470-50:1998).

A kísérletek során a talajba Cr(III)-pikolinát formában kijuttatott króm hatását tanulmányoztuk a króm akkumulációjára és transzlokációjára takarmányretek (*Raphanus sativus* L. convar. *oleiformis* Pers., cv. Leveles olajretek) jelzőnövényben. Az első kísérletben a frissen készített Cr(III)-pikolinát komplexet 0,1–1–10–

100 mg·kg⁻¹ koncentráció-sorozatban a növények vetése előtt kevertük a talajba, a légszáraz talaj nedvesítéséhez használt vízmennyiséghez adva. A második kísérletben a Cr(III)-pikolinátot a növény kifejlett állapotában 10 mg·kg⁻¹ koncentrációban, többször (összesen négyszer) adtuk a talajhoz. A Cr(III)-pikolinát kijuttatását a talajba ez esetben öthetes növénynevelést követően kezdtük meg, az öntözővízhez hetente egyszer, összesen 4 alkalommal hozzáadva. Az első kísérletben 4 Cr(III)-pikolinát- + 1 kontroll-, a második kísérletben 1 Cr(III)-pikolinát- + 1 kontrollkezelést állítottunk be három ismétlésben, összesen 21 edényt használva a kísérletekhez.

A termesztő közegként használt légszáraz humuszos homoktalajt a szabadföldi vízkapacitás 75%-ának megfelelő vízmennyiséggel (270 ml) nedvesítettük vissza, majd homogenizáltuk. A talajok előkezelését követő napon a teszt növények magvait 1500 g talajt tartalmazó, 16 cm átmérőjű műanyag edényekbe vetettük el. Az első tenyészedényes kísérletet 1999. szeptember–november között, a második kísérletet 2000. április–június között állítottuk be a Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Karának fényszobájában. Vetés után két héttel kiritkítottuk az állományt, három jól fejlett és jó térállású csíranövényt hagyva minden cserépben. A kísérletek során az edényeket véletlenszerűen helyeztük el. A fényszobában a kísérletek időtartama alatt a megvilágítást (átlagosan 12 klux 10 órán keresztül naponta), a hőmérsékletet (23±3 °C), és a páratartalmat (φ=40–50%) szabályoztuk. A növényeket 3–4 naponta ionmentesített vízzel a konstans tömeg eléréséig (a talaj szabadföldi vízkapacitásának eléréséig) öntöztük.

Az első kísérletben a talajokhoz tápanyagokat nem adtunk a kísérlet során, a második kísérletben hetente 40 mg·kg⁻¹ nitrogént juttattunk ki a talajra NH₄NO₃ formájában. A kísérleteket nyolc héttel a magok elvetése után bontottuk.

A kísérletek végén a növényeket kivettük a tenyészedényekből, a gyökér- és a hajtásrészek elválasztása után először csapvízzel gondosan lemostuk a talajt a gyökerekről és a hajtásokról, majd a mintákat desztillált vízzel háromszor leöblítettük. A tenyészedényenként vett növényminták (21 db) szárazanyag-tartalmát (70 °C, 14 óra) meghatároztuk, „összes” elemtartalmát a cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ eleggyel történő roncsolás mintákból mértük meg (MSz-08-1783-1-31:1983-1985). Talajmintákat a kísérletek elején és végén minden tenyészedényből 0–10 cm mélységből, 10 leszúrásból vettünk, melyekből átlagmintát képeztünk (21 db). A talajok „összes” krómtartalmát cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ eleggyel történő roncsolás után határoztuk meg (MSz 21470-50:1998), kémhatását (pH(H₂O)) ioncserélt vízzel 1:2,5 tömeg/térfogat arányban készített szuszpenzióban mértük meg (MSz-08-0206/2:1978). A roncsolás minták elemanalízise a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Regionális Agrárműszerközpontjában történt Perkin Elmer gyártmányú Optima 3300DV típusú ICP-OES készülékkel.

A különböző koncentrációjú Cr(III)-pikolinát-kezelések hatását a növények krómfelvételére és -transzlokációjára a koncentrációhányados és transzport index alapján hasonlítottuk össze, amelyeket ATHALYE és munkatársai (1995) szerint számoltuk ki. A koncentrációhányadosokat (CR-concentration ratio) a növényi szövetekben (gyökér, hajtás) és a talajban mért króm mennyiségének százszorosaként, a transzport indexeket (TI-transport index) a hajtásban és az egész növényben mért krómmennyiségek hányadosának százszoros értékeként számítottuk ki, a mért

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

Eredmények és értékelésük

A természetközéki közegként használt humuszos homoktalaj kémhatásának és „összes” krómtartalmának változását a tenyészidő alatt a különböző koncentrációjú Cr(III)-pikolinát-kezelések hatására az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat

A Cr(III)-pikolinát (Cr-pik) alkalmazásának hatására mért pH-értékek és „összes” króm mennyiségek a talajban

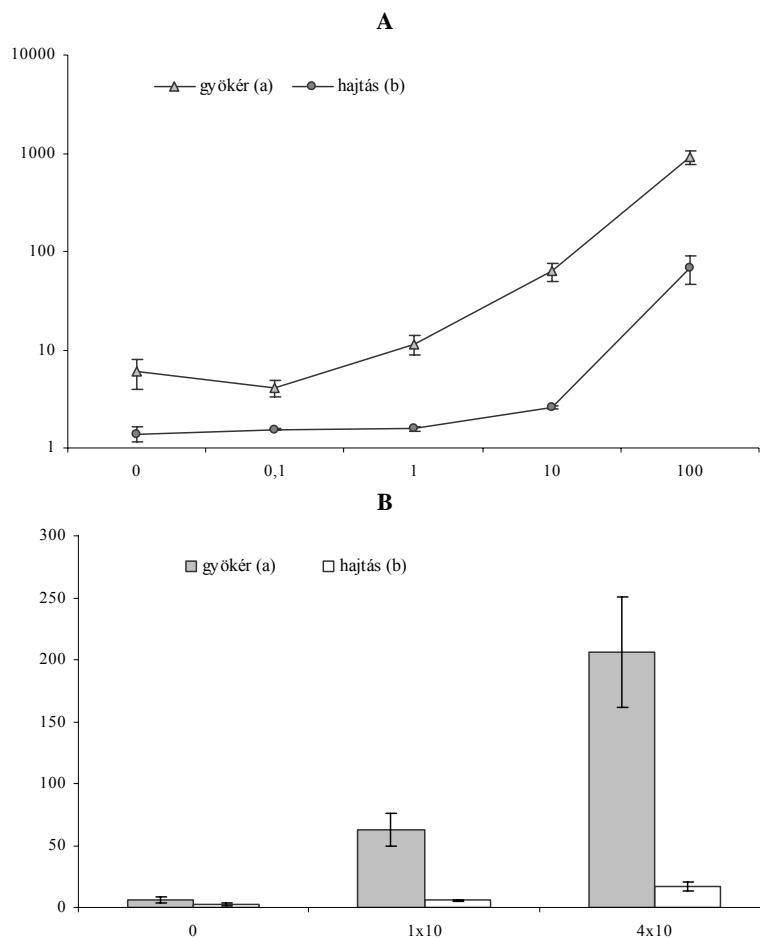
(1) Kezelés mg·kg ⁻¹ Cr-pik	(2) Kísérlet előtt		(4) Kísérlet után	
	pH (H ₂ O)	(3) „Összes” króm [mg·kg ⁻¹]	pH (H ₂ O)	(3) „Összes” króm [mg·kg ⁻¹]
a) Kontroll	7,96	12,9 ^a	7,80	9,44 ^a
0,1	7,94	12,5 ^a	7,94	9,48 ^a
1	7,97	13,6 ^a	7,88	9,40 ^a
10	8,01	22,7 ^b	7,80	16,3 ^b
100	7,63	99,8 ^c	7,77	80,0 ^c
a) Kontroll	-	10,6 ^a	-	10,5 ^a
4×10	-	10,7 ^a	-	39,0 ^b

Megjegyzés: A különböző betűindexeket kapott értékek szignifikánsan ($P < 0,05$) különböznek egymástól; $n = 3$

Az alkalmazott Cr(III)-pikolinát nem befolyásolta jelentősen a talaj kémhatását, amely a kísérlet ideje alatt a gyengén lúgos tartományban maradt. A természetközéki közegként használt humuszos homoktalaj „összes” krómtartalma a tenyészidő alatt 20–30%-kal csökkent, a növényi felvétel és a talajban történő kicsapódás következtében. A legnagyobb mértékű változás a nagy koncentrációjú (100 mg·kg⁻¹) kezelésnél mutatkozott, amelynél 20 mg·kg⁻¹ értékkel csökkent a talaj krómtartalma a kísérlet során. A második kísérletben a talaj „összes” krómtartalma a kísérlet végére több mint három és félszeresére növekedett a bevitel eredményeképpen.

A növénynevelés előtt, növekvő koncentrációban kijuttatott Cr(III)-pikolinát komplex hatására a takarmányretek különböző növényi szerveiben megjelenő krómkoncentrációkat az 1A. ábra mutatja be.

Az egyes növényi szervek krómtartalmának növekedése már a kis koncentrációkban alkalmazott Cr(III)-pikolinát esetében is megnyilvánul. Jelentősebb emelkedést a gyökérben 1 mg·kg⁻¹, a hajtásban 10 mg·kg⁻¹ dózis felett tapasztaltunk. A nagy adagú (100 mg·kg⁻¹) Cr(III)-pikolinát-kezelés hatására a kontrollhoz viszonyí-



1. ábra

A különböző koncentrációkban (A), valamint az egyszer, illetve többször 10 mg·kg⁻¹ koncentrációban (B) kijuttatott Cr(III)-pikolinát (Cr-pik) hatása a takarmányretek króm-akkumulációjára. Vízszintes tengely: Talajhoz adott Cr-pik, mg·kg⁻¹. Függőleges tengely: Összes króm a növényben, mg·kg⁻¹

tott krómkoncentráció a takarmányretek gyökerében 150-szeresére, hajtásában 50-szeresére nőtt.

Az első kísérlet során a talajra kis dózisban (10 mg·kg⁻¹) egyszer, illetve a második kísérletben többször (4×10 mg·kg⁻¹) kijuttatott Cr(III)-pikolinát esetén a krómkoncentrációkat a takarmányretek különböző szerveiben az 1B. ábrán hasonlítjuk össze.

A tesztnövény egyes növényi szerveiben mért krómkoncentrációkat a kontrollhoz viszonyítva megállapíthatjuk, hogy a talajra 10 mg·kg⁻¹ koncentrációban egyszer kijuttatott Cr(III)-pikolinát a takarmányretek gyökerében tízszer, a hajtásában

kétszer több krómot eredményezett. A talajra többször (hetente) öntözéssel kiadott Cr(III)-pikolinát hatására a gyökérben harmincöt-ször, a hajtásban tizenkétszer nagyobb krómkoncentráció jelent meg a kezeletlen kultúra krómtartalmához képest.

A különböző koncentrációjú Cr(III)-pikolinát kezelések krómakumulációra kifejtett hatását a takarmányretek gyökerében és hajtásában, a növényben és a talaj-

2. táblázat

A takarmányretek gyökerében és hajtásában mért „összes” króm, szárazanyaghozam, valamint a krómra vonatkozó koncentrációhányados (CR) és transzport index (TI) értékek a különböző koncentrációjú Cr(III)-pikolinát (Cr-pik) kezelések hatására

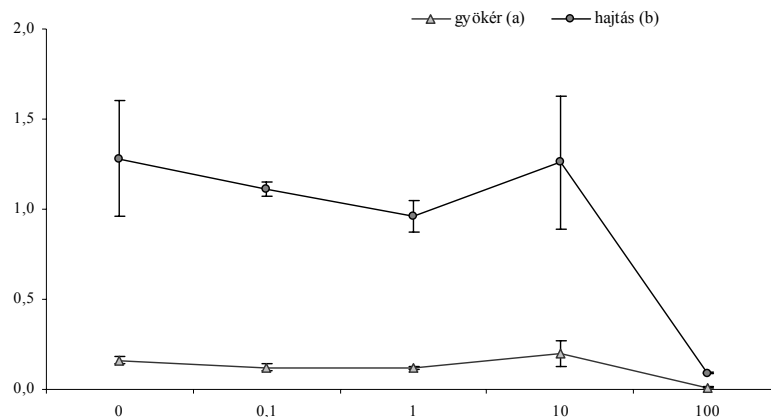
(1) Kezelés (Cr-pik) mg·kg ⁻¹	(2) „Összes” króm mg·kg ⁻¹		(5) Szárazanyag g·növény ⁻¹		CR		TI
	(3) Gyökér	(4) Hajtás	(3) Gyökér	(4) Hajtás	(3) Gyökér	(4) Hajtás	
a) Kontroll	5,98	1,38	0,16	1,12	63	15	19
0,1	4,08	1,54	0,12	0,99	43	16	27
1	11,3	1,57	0,12	0,84	120	17	12
10	62,6	2,61	0,20	1,06	385	16	4,0
100	901	67,6	0,01	0,08	1130	85	7,0
a) Kontroll	2,97	0,38	0,15	1,19	28	4	11
4×10	206	17,0	0,24	1,29	528	44	7,6

Megjegyzés: $CR = Cr_{gyökér}/Cr_{talaj} \times 100$; $Cr_{hajtás}/Cr_{talaj} \times 100$; $TI = Cr_{hajtás}/(Cr_{hajtás} + Cr_{gyökér}) \times 100$

ban mért krómkoncentráció egymáshoz viszonyított aránya alapján vizsgáltuk meg. A króm növényen belüli szállítását a transzport indexszel és a koncentrációhányadossal (CR) jellemeztük (2. táblázat).

A talajra növekvő koncentrációkban kijuttatott Cr(III)-pikolinát esetén a takarmányretek gyökerében már az 1 mg·kg⁻¹ kezelésnél többszörösére emelkedett a krómra vonatkozó koncentrációhányados, míg ez a hatás a hajtásban csak a 100 mg·kg⁻¹ kezelésnél nyilvánult meg. A többször kijuttatott Cr(III)-pikolinát a takarmányretek gyökerében és hajtásában is többszörösére növelte a koncentrációhányadost. A takarmányretek növényben a króm szállítása kismértékű, a hajtás krómtartalma néhány százalékát teszi ki a növény teljes krómtartalmának. A 10 és 100 mg·kg⁻¹ koncentrációkban alkalmazott Cr(III)-pikolinát megnövelte a króm szállítását a takarmányretek gyökeréből a hajtásába, míg az ettől kisebb koncentrációjú (0,1 és 1 mg·kg⁻¹) kezeléseknél ez a hatás nem volt megfigyelhető. A 10 mg·kg⁻¹ koncentrációban többször kijuttatott Cr(III)-pikolinát nagyobb mértékben segítette elő a króm szállítását a takarmányretek növényben az azonos koncentrációjú egyszeri kijuttatáshoz képest.

Az egyes kezelések toxikus hatását a takarmányretek növény biomassza hozama alapján állapítottuk meg, amelyet a különböző koncentrációjú Cr(III)-pikolinát-kezelések esetén a 2. ábra mutat be.



2. ábra

A különböző koncentrációkban kijuttatott Cr(III)-pikolinát (Cr-pik) hatása a takarmányretek szárazanyag hozamára. Vízszintes tengely: Talajhoz adott Cr-pik, mg·kg⁻¹. Függőleges tengely: Szárazanyag, g·növény⁻¹

A talajba 0,1–100 mg·kg⁻¹ koncentrációtartományban kijuttatott Cr(III)-pikolinát hatására a takarmányretek növény szárazanyag produkciója 10 mg·kg⁻¹ dóziséig nem változik jelentősen, további koncentrációnövelés esetén azonban nagymértékben lecsökken. A 10 mg·kg⁻¹ dózisonál nagyobb mértékű Cr(III)-pikolinát-kezelések fitotoxikus hatást gyakoroltak a tesztnövényre, amely a szárazanyag-akkumuláció visszaesése mellett az egyes növényi szervek elváltozásában nyilvánult meg. A króm-mérgezés tünetei jelentkeztek ezeken a növényeken; azaz a gyengén fejlett gyökérszövet barnás színeződését, a száraz lilás színeződését, valamint kisméretű és sötétzöld levelek megjelenését figyelhettük meg.

Összefoglalás

A Cr(III)-pikolinát hatását vizsgáltuk a takarmányretek (*Raphanus sativus* L. convar. *oleiformis* Pers., cv. Leveles olajretek) krómfelvételére tenyészedényes kísérletekben. Az első kísérletben öt (0–0,1–1–10–100 mg·kg⁻¹ koncentráció), a második kísérletben két kezelést (1×, ill. 4×10 mg·kg⁻¹ koncentráció) állítottunk be három ismétlésben, összesen 21 edényt használva a kísérletekhez. A humuszos homoktalajban [pH(KCl): 7,48; leiszapolható rész: 13,2 m/m%; humusz: 0,97 m/m%; szén-savas més: 2,2 m/m%; T-érték: 6,2 cmol_c·kg⁻¹; „összes” króm: 10,6 mg·kg⁻¹] nevelt növények kis mennyiségű krómot akkumuláltak gyökérükben (5,98 mg·kg⁻¹) és hajtásukban (1,38 mg·kg⁻¹). A talajba közvetlenül kijuttatott Cr(III)-pikolinát hatására jelentősen megnőtt a takarmányretek hajtásának, illetve gyökérének krómtartalma. A kisdózisú kezelés hatására (10 mg·kg⁻¹) a gyökérben tízszer, a hajtásban kétszer több króm jelent meg; a nagydózisú kezelés (100

mg·kg⁻¹) egy nagyságrenddel nagyobb mértékű növekedést mutatott, a gyökérben százötvenszer, a hajtásban ötvenszer több krómot mértünk. A nagy dózisban (100 mg·kg⁻¹) és a többször kis koncentrációban (4×10 mg·kg⁻¹) kijuttatott Cr(III)-pikolinát közel azonos mértékben növelte meg a króm transzlokációját a takarmányretek növényben, mindkét kezelésnél a hajtás krómtartalma a teljes növény krómtartalmához viszonyítva azonos értékűnek adódott (TI = 7). A többször kijuttatott Cr(III)-pikolinát hatására az egyes növényi szervek krómtartalma a többszörösére növekedett; a gyökérben háromszor, a hajtásban hatszor nagyobb krómkoncentráció jelent meg az azonos koncentrációjú, egyszeri kezeléshez képest.

A Cr(III)-pikolinát jelentős mértékben megnövelte a króm felvételét a talaj–növény rendszerben. Ennek a jelenségnek gyakorlati jelentősége lehet a krómmal szennyezett talajok növényekkel történő tisztítása (fitoremediációja), illetve a krómmal dúsított növények előállításának során.

A kutatást az OTKA T 042534 pályázat és a Bolyai Ösztöndíjalap támogatta.

Kulcsszavak: króm, Cr(III)-pikolinát, takarmányretek, transzlokáció, tenyészedényes kísérlet

Irodalom

- ATHALYE, V. V., RAMACHANDRAN, V. & D'SOUZA, T. J., 1995. Influence of chelating agents on plant uptake of 51Cr, 210Pb and 210Po. *Environm. Poll.* **89**. 47–53.
- CARY, E. E., ALLAWAY, W. H. & OLSON, O. E., 1977. Control of chromium concentrations in food plants. I. Absorption and translocation of chromium in plants. *J. Agric. Food Chem.* **25**. 300–304.
- GRUBINGER, V. P. et al., 1994. Chromium in swiss chard grown on soil amended with tannery meal fertilizer. *Chemosphere.* **4**. 717–720.
- GYÖRI, Z. & PROKISCH, J., 1999. Determination of the chromium content of Hungarian winter wheat. *J. Agric. Food Chem.* **47**. 2751–2754.
- JAMES, B. R. & BARTLETT, R. J., 1983. Behavior of chromium in soils. V. Fate of organically complexed Cr(III) added to soil. *J. Environm. Qual.* **12**. 169–172.
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H., 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*. 3rd ed. CRC Press. Washington, D. C.
- KAMBUROVA, M. & RANKOV, V., 1995. The chromium content in the products of some vegetables. *Agrochimica.* **39**. 260–266.
- MERTZ, W., 1975. Effects and metabolism of glucose tolerance factor. *Nutr. Rev.* **33**. 129–135.
- MERTZ, W., 1982. Clinical and public health significance of chromium. In: *Clinical, Biochemical and Nutritional Aspects of Trace Elements*. (Ed.: PRASAD, A. S.) 315–323. Alan Liss Inc. New York.
- MERTZ, W., 1993. Chromium in human nutrition: a review. *J. Nutr.* **123**. 626–633.
- SHEWRY, P. R. & PETERSON, P. J., 1974. The uptake and translocation of chromium by barley seedlings (*Hordeum vulgare L.*). *J. Experim. Bot.* **25**. 785–707.

- SKEFFINGTON, R. A., SHEWRY, P. R. & PETERSON, P. J., 1976. Chromium uptake and transport in barley seedlings (*Hordeum vulgare* L.). *Planta*. **132**. 209–214.
- SOANE, B. D. & SAUNDER, D. H., 1959. Nickel and chromium toxicity of serpentine soils in southern Rhodesia. *Soil Sci.* **84**. 322–329.
- SRIVASTAVA, S., PRAKASH, S. & SRIVASTAVA, M. M., 1999. Chromium mobilization and plant availability – the impact of organic complexing ligands. *Plant and Soil*. **212**. 203–208.
- STEARNS, D. M. & ARMSTRONG, W. H., 1992. Mononuclear and binuclear chromium(III) picolinate complexes. *Inorg. Chem.* **31**. 5178–5184.
- SZABÓ S. A., GYÓRI D. & REGIUSNÉ M. A., 1993. Mikroelemek a mezőgazdaságban. II. Stimulatív hatású mikroelemek. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Érkezett: 2005. április 9.

Investigation of Cr(III) Picolinate in a Soil–Plant System

¹I. SZEKVÁRI, ²L. SIMON and ³J. PROKISCH

¹Plant and Soil Conservation Station of Hajdú-Bihar County, Debrecen, ²Technical and Agricultural Faculty, College of Nyíregyháza, Nyíregyháza, ³Centre of Agricultural Sciences, Debrecen University, Debrecen (Hungary)

Summary

The effect of Cr(III) picolinate (organically bound stable complex of Cr) was studied on the chromium accumulation of fodder radish (*Raphanus sativus* L. convar. *oleiformis* Pers., cv. Leveles olajretek) grown in pot experiments. The first experiment involved five treatments (0–0.1–1–10–100 mg·kg⁻¹ concentration) and the second two (1× and 4×10 mg·kg⁻¹ concentration), carried out in three replications, giving a total of 21 pots. Control cultures, grown in an uncontaminated humous sandy soil (pH_{KCl} 7.48; sand texture with 13.2 m/m% clay+silt content; humus 0.97 m/m%; CaCO₃ 2.2 m/m%; CEC 6.2 cmol_c·kg⁻¹; cc.HNO₃+cc.H₂O₂-soluble, “total” Cr 10.6 mg·kg⁻¹), accumulated low amounts of chromium in their roots and shoots (5.98 and 1.38 mg·kg⁻¹). When this uncontaminated soil was treated with Cr(III) picolinate before plant cultivation, the accumulation of Cr in the shoots and roots increased considerably. The Cr concentration was 10 times and twice as high in the roots and shoots on soil treated with a low dose of Cr(III)-picolinate (10 mg·kg⁻¹), while after the application of a high dose of Cr(III)-picolinate (100 mg·kg⁻¹) the Cr concentration was 150 and 50 times higher in the roots and shoots than in the control, resp. The high dose (100 mg·kg⁻¹) or the repeated application of the low dose (4×10 mg·kg⁻¹) of Cr(III) picolinate enhanced the Cr translocation in fodder radish to approximately the same degree: the ratio of the Cr concentration in the shoots to that in the whole plant (transport index) had the same value in both treatments (TI=7). Repeated treatment of the soil with Cr(III) picolinate (4×10 mg·kg⁻¹) during plant growth greatly enhanced the Cr concentrations in the plant organs, which were three and six times as high in the roots and shoots as compared to a single application (1×10 mg·kg⁻¹). Cr(III) picolinate caused a considerable increase in the uptake and translocation of Cr in the soil–plant system. This could be utilized in the phytoremediation of soils contaminated with Cr, or in the production of foodstuffs enriched with Cr.

Table 1. Changes in the pH and “total” Cr content of the soil as the result of Cr(III)-picolinate (Cr-pik) application. (1) Treatment, mg·kg⁻¹. a) Control. (2) Prior to the experiment. (3) “Total” chromium, mg·kg⁻¹. (4) After the experiment. *Note:* Data designated by different letters differed significantly from each other (P<0.05); n = 3.

Table 2. “Total” chromium and dry matter content of the roots and shoots of fodder radish, and the concentration ratio (CR) and transport index (TI) for chromium after treatment with various concentrations of Cr(III)-picolinate. (1): see Table 1. (2) “Total” chromium, mg·kg⁻¹. (3) Root. (4) Shoot. (5) Dry matter, g·plant⁻¹.

Fig. 1. Effect of Cr(III)-picolinate (Cr-pik) applied in various concentrations (A) or in one or more 10 mg·kg⁻¹ doses (B) on the Cr-accumulation of fodder radish. Horizontal axis: Cr-pik applied to the soil, mg·kg⁻¹. Vertical axis: Total Cr in the plant, mg·kg⁻¹.

Fig. 2. Effect of Cr(III)-picolinate (Cr-pik) applied in various concentrations on the dry matter yield of fodder radish. Horizontal axis: See Fig. 1. Vertical axis: Dry matter, g·plant⁻¹.