

Vplyv aplikácie čistiarenských kalov na kumuláciu ťažkých kovov v rastlinách

Terézia Szabová¹, Marcela Leščinská¹ a Andrea Gondová²

Heavy metal cumulation in crops after the sewage sludge application

During 1995 - 1996 the crops samples after the sewage sludge application were collected. The heavy metals cumulation in investigated crops from Bardejov increased in order: Zn > Cu > Pb > Ni > Cr > Cd and Banská Bystrica : Zn > Cu > Cr > Ni > Pb > Cd. Heavy metals contents after the sewage sludge application were increased in comparison with the highest admissible concentration in eatable part of crops. The sewage sludge application were not recommended in soils for the growth of vegetables

Key word: heavy metal cumulation in crops, vegetables, sewage sludge.

Úvod

V dôsledku antropogénnej činnosti človeka dochádza ku kontaminácii jednotlivých zložiek životného prostredia vzduch - voda - pôda rôznymi kontaminujúcimi látkami, z ktorých sa v posledných rokoch venuje zvýšená pozornosť ťažkým kovom v pôdach a hlavne v rastlinách. Veľmi často ťažké kovy, ktoré sa dostanú do pôdy, sú nedostupné pre rastliny. Vplyvom procesov, prebiehajúcich v pôde, však časť ťažkých kovov prechádza do biologicky dostupných foriem a je prijímaná rastlinami, čím dochádza ku kontaminácii rastlinnej produkcie (Aleksejev, 1987; Cibulka, 1991; Kolař, 1988; Petříková, 1990).

Cieľom prezentovanej práce je stanovenie obsahu ťažkých kovov v rastlinách (zelenine) po aplikácii čistiarenských kalov.

Materiál a metodika

V rokoch 1995 a 1996 boli odobraté v záhradkárskejších oblastiach vzorky rastlín po aplikácii čistiarenských kalov do pôd, pre stanovenie obsahu ťažkých kovov v jednotlivých častiach rastlín. Ťažké kovy v rastlinách boli stanovené mineralizáciou vzorky suchou cestou. Navážené množstvá rastlín (5 g sušiny) boli spopolnené pri teplote 500°C. K spopolneným rastlinným vzorkám sme pridali 10 ml 2M HNO₃. Po rozpustení popola sme vzorky prefiltrovali cez filtračný papier - modrá páska, doplnili na objem 50 ml destilovanou vodou a v takto pripravenom výluhu atómovou adsorpčnou spektroskopiou sme stanovili obsahy chrómu, kadmia, medi, niklu, olova, zinku [mg. kg⁻¹].

Výsledky

Obsahy ťažkých kovov v rastlinách z Bardejova v rokoch 1995 a 1996 (tab.1) a z Banskej Bystrice (tab.2), sme posudzovali podľa prílohy č.2 k tretej hlave druhej časti potravinového kódexu „Kontaminanty v potravinách“.

Pri sledovaní obsahov ťažkých kovov sa zistilo, že vo vzorkách rastlín z Bardejova takmer vo všetkých prípadoch boli prekročené smerné limity v obidvoch rokoch.

Podobnú situáciu sme zaznamenali aj vo vzorkách z Banskej Bystrice, keď u všetkých plodín boli zvýšené obsahy medi, kadmia, olova, niklu a zinku. Obsah chrómu nemôžeme posudzovať, nakoľko príloha neuvádza najvyššie prípustné množstvá pre tento prvok.

Tab.1. Obsahy ťažkých kovov [mg.kg⁻¹] vo vzorkách rastlín z Bardejova.

¹ Doc.Ing. Terézia Szabová, CSc. a Ing. Marcela Leščinská, Katedra mineralurgie a environmentálnych technológií F BERG Technickej univerzity, 043 84 Košice, Park Komenského 19

² Ing. Andrea Gondová, Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 10, Banská Bystrica (Recenzovali: Doc.Ing. O. Hronec, DrSc. a Ing. Milan Búgel, CSc. Revidovaná verzia doručená 22.12.1998)

Rok 1995		PRVKY					
	Rastlina	Cr	Cd	Ni	Cu	Zn	Pb
1-bez kalu	repa	0.0	0.6	5.4	18.0	66.0	5.6
	mrkva	0.0	1.0	5.4	8.0	17.4	2.0
s kalom	zemiak-hľúza	0.0	0.2	1.6	18.0	15.6	5.0
	zemiak-šupka	0.0	0.4	2.8	20.0	17.8	1.8
2-bez kalu	repa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
s kalom	zemiak-hľúza	1.4	0.2	2.6	6.4	14.8	2.0
	zemiak-šupka	1.2	0.4	2.6	7.0	31.0	2.4
3-bez kalu	pšenica	0.0	0.2	1.2	4.2	37.6	1.6
s kalom	zemiak-hľúza	0.0	0.6	5.2	20.0	16.0	6.8
	zemiak-šupka	0.0	0.4	4.6	16.0	19.0	1.8
	mrkva	0.0	0.6	4.4	14.0	41.4	5.0
4-bez kalu	mrkva	0.0	0.2	1.4	0.0	40.1	0.8
s kalom*	kaleráb	0.0	0.6	2.2	16.0	20.4	6.8
s kalom*	petržlen	0.0	0.6	10.0	26.0	46.0	6.6
5-bez kalu	zeler	2.4	1.4	5.2	16.8	78.0	3.4
s kalom*	mrkva1	0.0	0.8	3.0	12.0	38.4	4.4
s kalom*	mrkva2	0.0	1.4	2.4	18.0	58.0	10.0
s kalom*	petržlen	0.0	0.4	1.6	8.0	45.2	2.4
Rok 1996		PRVKY					
1-bez kalu	zemiak-hľúza	1.4	0.4	2.6	8.6	23.8	2.4
	zemiak-šupka	1.8	0.4	3.6	8.4	18.0	2.0
s kalom	pšenica	0.6	0.2	1.2	5.6	37.8	2.6
2- bez kalu	pšenica	1.2	0.2	3.0	4.2	28.4	1.8
s kalom	repa	0.8	0.6	3.0	16.0	60.0	3.0
3-bez kalu	pšenica	0.4	0.2	1.2	4.2	37.6	1.6
s kalom	pšenica	0.0	0.2	1.8	5.4	62.0	2.2
4-bez kalu	kaleráb	5.4	1.2	4.4	2.8	8.4	5.0
s kalom*	kaleráb	8.0	1.4	6.2	11.6	36.6	12.2
s kalom*	mrkva	6.0	1.0	5.0	10.2	78.0	46.0
5-bez kalu	zemiak-hľúza	0.6	0.6	3.6	12.8	41.4	6.8
	zemiak-šupka	1.0	0.4	2.4	7.8	21.4	2.2
s kalom*	-	-	-	-	-	-	-
s kalom*	mrkva	2.8	0.8	4.6	18.6	35.4	24.0
s kalom*	cvikla	1.2	1.0	4.8	23.8	88.0	7.4

* vzorky pôd s rôznym množstvom aplikovaného kalu vzťahujúce sa k tej istej ko

Tab.2. Obsahy ťažkých kovov [mg.kg^{-1}] vo vzorkách rastlín z Banskej Bystrice.

ROK 1995		PRVKY					
	Rastlina	Cr	Cd	Ni	Cu	Zn	Pb
1- bez kalu	mrkva	-	1.0	3.0	17.6	30.6	0.8
s kalom	kaleráb	6.4	0.6	3.4	6.0	62.0	4.6
2- bez kalu	mrkva	5.0	0.2	2.0	6.6	20.6	2.6
s kalom	hruška	3.6	0.4	2.0	16.2	24.8	1.2
3- bez kalu	zemiaky	2.2	0.8	3.4	10.4	32.4	3.6
s kalom	kaleráb	8.0	0.6	4.4	12.4	66.0	3.8
4- bez kalu	zeler	4.2	-	2.8	12.4	8.4	-
s kalom	kaleráb	4.8	0.4	2.0	2.6	17.2	3.8
5- s kalom	cvikla	4.2	1.0	2.6	13.8	170.0	0.6
s kalom	mrkva	4.6	0.8	2.4	11.6	48.0	3.2
6- s kalom	zemiaky	2.2	0.2	1.4	17.8	50.0	3.2
7- s kalom	zemiaky	6.2	0.2	2.4	15.4	28.6	-
ROK 1996		PRVKY					
1- bez kalu	zemiaky	4.8	-	2.1	19.8	28.6	-
s kalom	mrkva	3.4	0.4	2.2	12.8	15.8	1.4
2- bez kalu	mrkva	5.0	0.2	2.0	6.6	20.6	2.6
s kalom	zemiaky	6.0	-	2.6	23.8	116.0	1.2
3- bez kalu	cibuľa	0.4	0.0	0.2	0.4	1.2	0.1
s kalom	mrkva	6.4	0.2	2.6	12.0	26.8	-
4- s kalom	zemiaky	4.2	-	1.4	20.8	38.6	-
s kalom	mrkva	1.0	0.4	2.6	13.0	17.4	1.0
5- bez kalu	-	-	-	-	-	-	-
s kalom	mrkva	6.6	0.8	3.4	28.4	80.0	10.2
6- s kalom	mrkva	8.4	0.2	2.4	15.2	30.8	1.4
7- s kalom	mrkva	9.6	0.2	2.2	16.6	34.2	0.4

Diskusia

Veľmi závažným problémom súčasnosti je kontaminácia potravinového reťazca ťažkými kovmi. Špecifikum ťažkých kovov spočíva v tom, že nepodliehajú procesom prirodzenej degradácie a stávajú sa stálou zložkou prírody.

Príjem kontaminantov rastlinami závisí na:

- fyziologických vlastnostiach rastlín,
- obsahu kontaminantov v pôde,
- prítomnosti kontaminantov rastlinám v pôde.

Distribúcia kontaminantov v rastline je daná fyziologickým charakterom rastliny. Niektoré rastliny majú tendenciu kumulovať kontaminanty v určitých orgánoch. Distribúcia je závislá na pohyblivosti kontaminantu v pletivách rastlín, na druhu rastliny, podmienkach jej rastu.

Ťažké kovy sa v sledovaných zeleninách kumulovali v nasledovnom poradí: Zn > Cu > Cr > Ni > Pb > Cd vo vzorkách z Banskej Bystrice a vo vzorkách z Bardejova nasledovne: Zn > Cu > Pb > Ni > Cr > Cd. Pri porovnaní s normou boli limitné koncentrácie pre všetky prvky zvýšené, ale najmä u olova a kadmia. Zvýšené obsahy ťažkých kovov v zeleninách sledujú vlastne poradie kumulácie v pôdach hlavne u zinku a medi, čo naznačuje, že tieto prvky sa v pôdach budú nachádzať vo veľmi mobilných formách, čo je v zhode s výsledkami Strnada et. al. (1990).

Zinok sa koncentruje hlavne v povrchových vrstvách pôdy v mobilnej forme. Pohyblivosť zinku v rastline je nízka a koncentruje sa prevažne v koreňoch. Obsah kadmia v rastlinných pletivách je priamo závislý na koncentrácii kadmia dostupného v prostredí a na dĺžke expozície. Najvyšším obsahom kadmia sa spravidla vyznačujú pletivá koreňov, nasledujú listy, osi, plody a zásobné orgány, kým najnižší obsah majú semená.

Meď v pôdach neprevyšovala limitné hodnoty, napriek tomu jej kumulácia v rastlinách je niekoľkonásobne zvýšená, čo naznačuje, že sa v pôdach nachádza vo forme, dostupnej pre rastliny.

Aplikácia čistiarenských kalov najviac zvyšovala v pôdach obsah olova (Bardejov). So zvyšovaním jeho obsahu sa zvyšuje podiel mobilných foriem, čo naznačuje aj postavenie olova v rade kumulácie rizikových prvkov. U koreňového príjmu sa olovo kumuluje v koreňoch rastlín a translokácia do nadzemných častí je minimálna (Chreneková, 1984). Táto skutočnosť je obzvlášť dôležitá v prípade koreňovej zeleniny, u ktorej sme zistili v zhode s autorkou vysokú kumuláciu v koreňoch mrkvy, petržlenu, cvikly. Podobná kumulácia bola zistená aj pre kadmium.

V súčasnosti sa venuje značná pozornosť interakciám príjmu ťažkých kovov s niektorými mikroelementami. Domažlická (1989) a Abdel - Sabour et al. (1988) sledovali interakciu Cd – Zn, a to vzhľadom k ich chemickej príbuznosti. Z výsledkov vyplýva, že prídavok zinku do živného prostredia znižuje príjem kadmia rastlinami, avšak tieto názory nie sú jednotné. Predpokladá sa, že interakcia Cd - Zn je založená na jave kompetitívnej inhibície, kedy kadmium a zinok súťažia o podobné aktívne centrá prenášačov. Ióny oboch kovov majú približne rovnakú elektronegativitu, líšia sa však iónovým polomerom ($Zn^{+2} = 0,074 \text{ nm}$, $Cd^{+2} = 0,097 \text{ nm}$), čo by mohlo byť jednou z príčin, prečo sa rastliny vyznačujú selektivitou na zinok (Abdel - Sabour et al., 1988) a zároveň možno predpokladať, že dostatok zinku v pôdach bude potláčať príjem kadmia rastlinami.

Ťažké kovy v pôdach majú schopnosť tvoriť s humínovými látkami nerozpustné komplexy, čo vedie k imobilizácii prvkov v humusových horizontoch. Nie všetky frakcie pôdnej organickej hmoty majú rovnaký účinok. Gerritse et al. (1982) uvádzajú, že čistiarenské kaly zvyšovali mobilitu prvkov v pôdach. Kaly obsahujú hlavne nízkomolekulárne frakcie organickej hmoty, s ktorými ťažké kovy nevytvárajú nerozpustné zlúčeniny. Iba vysokomolekulárne organické látky budú imobilizovať rozpustné a výmenné formy ťažkých kovov.

Zvýšená kumulácia sledovaných prvkov vo vzorkách rastlín naznačuje, že aplikácia kalov bude zvyšovať pohyblivosť týchto prvkov v pôdach, ktoré sa následne budú kumulovať v rastlinách.

Záver

1. Po aplikácii čistiarenských kalov boli zvýšené obsahy olova, zinku, medi, kadmia, niklu a chrómu v koreňovej zelenine, kalerábe, cvikle, zemiakoch.
2. Obsahy ťažkých kovov v rastlinách po aplikácii kalov prevyšujú najvyššie prípustné koncentrácie.

3. Nedoporučujeme priamu aplikáciu čistiarenských kalov na plochy, kde sa pestuje zelenina na priamy konzum.

Literatúra

- Abdel - Sabour, M.F., Mortvedt, J.J. and Kelsoe, J.J.: Cadmium - zinc interaction in plants and extractable cadmium and zinc fraction in soil. *Soil Science*, 145, 1988, 6, p. 424-431.
- Aleksejev, V. J.: Ťaželye metally v počvach i rasteniach. *Agropromizdat, Leningrad, 1987, s. 141.*
- Cibulka, J.: Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře., *Academia Praha, 1991.*
- Domažlická, E.: Studium fyziologických účinku těžkých kovů na rostliny s využitím explantátových technik. *Kandidátská dizertační práce, VŠZ Praha, 1989.*
- Gerritse, R.G., Vriesema, R., Dalenberg, J.W. and DeRoss, H.P.: Effect of sewage sludge on trace element mobility in soils. *J. Environm. Qual.*, 11, 1982, 3, p. 359-364.
- Chreneková, E.: Působenie olova v systéme pôda – rastlina. *Acta Fytotechnica 9, Nitra VŠP, 1984.*
- Kolář, L.: Cesty k omezení vstupu těžkých kovů do zemědělské produkce. *Seminář ČSVTS, „Cizorodé látky v půdě a rostlině“, Tábor, 1988.*
- Petříková, V.: Výskyt imisí v ovzduší a obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách. *Rostlinná výroba*, 36, 1990, 4, s. 367-377.
- Strnad, V., Zolotareva, B.N. a Lisovskij, A.J.: Vliv obsahu olova, kadmia a mědi v půdě na jejich kumulaci a výnos zemědělských plodin. *Rostlinná výroba*, 36, 1990, 4, s.411-416.