

EVALUATION OF SOIL AND PLANT PRODUCTION HYGIENE IN AREA CONTAMINATED BY HEAVY METALS

HODNOTENIE HYGIENY PÔD A RASTLINNEJ PRODUKCIE V OBLASTI KONTAMINOVANEJ ŤAŽKÝMI KOVMI

Bajčan D., Tomáš J., Tóth T., Lahučký L.

Katedra chémie, FBP, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A.Hlinku 2, 949 76 Nitra,
Slovenská republika

E-mail: bajcan@atlas.sk

ABSTRACT

The area of Štiavnické vrchy is well known with hundreds of years lasting mining and ores reworking history. The excavated material of hips and setting pits was transported together with dissolved metals species into the drainage system of the river Štiavnica. This transporting processes have caused the formation of anomalous concentration of heavy metals in alluvial soils. The obtained results show that soils are mainly polluted by Pb, Zn, Cd and Cu. All plant samples contain overlimit amount of Cd and all cereal samples contain overlimit amount of Pb.

Keywords: contamination, heavy metals, soil, plant production

ABSTRAKT

Pri takmer tisícročnej banskej činnosti a úprave rudy sa v oblasti Banskej Štiavnice do údolia rieky Štiavnica dostalo obrovské množstvo rizikových ťažkých kovov, ktoré kontaminovali priľahlé aluviálne pôdy. Koncentrácia Pb presahuje limitné hodnoty pre asanáciu pôdy. Tiež sme zistili prekročenie limitov kontaminácie pôd pre Zn, Cd a Cu. Napriek tomu nadlimitné množstvá rizikových prvkov v poľnohospodárskej produkcii boli zistené u všetkých vzoriek iba pre Cd. Nadlimitný obsah Pb bol zistený u všetkých vzoriek obilnín a nadlimitný obsah Cr u väčšiny vzoriek trávnych porastov.

Kľúčové slová: kontaminácia, ťažké kovy, pôda, rastlinná produkcia

ÚVOD

S hospodárskym rozvojom spoločnosti rastie spotreba výrobkov a zároveň aj produkcia odpadov. Jednou z najzávažnejších skupín cudzorodých látok v životnom prostredí sú ťažké kovy. Tie na rozdiel od organických polutantov nepodliehajú chemickej degradácii,

ale hromadia sa v povrchových vrstvách pôdy. Zvyšovaním obsahu ťažkých kovov v pôde dochádza zároveň k nárastu ich obsahu v potravinách rastlinného ako aj živočíšneho pôvodu, čo má za následok nepriaznivý vplyv na zdravie ľudí. Ďalším nepriaznivým dôsledkom pôsobenia rizikových prvkov je pokles úrody a kvality poľnohospodárskych plodín. Preto sa kontaminácia pôd ťažkými kovmi zaraďuje k najvýznamnejším problémom ochrany pôd a životného prostredia. Okrem antropickej kontaminácie je v určitých oblastiach významným zdrojom ťažkých kovov aj geogénna kontaminácia, ktorej zdrojom sú geochemické anomálie (výrazne zvýšený obsah prvku oproti pozadovým hodnotám).

Jednou z oblastí, kde sa uplatňujú oba typy kontaminácie sú Štiavnické vrchy (Forgáč et al, 1995). Antropická kontaminácia je spôsobená intenzívnou ťažbou a spracovaním rozličných rúd. Pri ťažbe sa na povrch dostali milióny m³ hornín s obsahom sulfidov, najmä pyritu, galenitu, sfaleritu a chalkopyritu. Geogénna kontaminácia je spôsobená zvetrávaním hydrotermálne premenených vulkanických hornín, ktoré obsahujú sulfidy ťažkých kovov (Forgáč, 1987). V zvetralých a mechanicky narušených horninách s obsahom sulfidov za prístupu vzduchu a pôsobením povrchovej vody vznikala kyselina sírová, ktorá časť minerálov rozkladala (tzv. sírnokyslé alebo síranové zvetrávanie). V acidifikovanom prostredí zároveň dochádza k mobilizácii takmer všetkých kovových prvkov. Povrchová voda mobilné toxické prvky spolu s klastickým materiálom znášala do nižších aluviálnych polôh, kde došlo k ich koncentrácií a silnému znečisteniu pôd (Forgáč et al, 2000).

Rieka Štiavnica, ktorá pramení v oblasti Štiavnických vrchov, odvodňuje značnú časť tohto územia. Táto rieka tiež tečie pozdĺž južnej časti Banskej Štiavnice, kde sa do nej dostávajú priesaky z banských šácht a hald. Tým sa do tejto rieky dostáva značné množstvo rizikových kovov, ktoré pri záplavách kontaminovali priľahlé pôdy.

V tejto práci sa zameriavame na kontamináciu poľnohospodársky využívaných pôd a poľnohospodárskych plodín rizikovými kovmi v uvedenej oblasti.

METODIKA

Sledovanie rizikových prvkov na rôznych pôdnych typoch a pestovateľských plodinách sa uskutočnilo na parcelách v povodí rieky Štiavnica. Pôdne charakteristiky záujmových území sú uvedené v Tab.1. Pri výbere a identifikácii lokalít, odbere a úprave pôdnych vzoriek sme postupovali podľa „Záväzných metodík rozborov pôd, ČMS – Pôda, Fiala a kol. (1999).

Pôdne vzorky sme odoberali z hĺbky 0 – 0,2 m. V pôdach sme stanovovali nasledovné rizikové ťažké kovy: Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Ni a Co. Okrem týchto prvkov sme sledovali aj Fe

a Mn s ohľadom na ich možný negatívny vplyv na podzemné vody. Analytickou metódou stanovenia bola plameňová atómová absorpčná spektrometria (PYE UNICAM SP – 9).

V každej pôdnej vzorke sme tiež stanovili nasledovné charakteristiky: pôdna reakcia pH/KCl, zrnitostné zloženie pipetovacou metódou podľa Nováka, obsahu humusu v pôde Ťurinovou metódou v modifikácii podľa Nikitina.

Tab.1: Lokalizácia odberu pôdných a rastlinných vzoriek a ich charakteristika

stanovište	kataster obce	BPEJ	pôdny typ	pôdny druh	názov parcely	plodina
P 1	Tupá	0111005	fluvizem glejová	stredne ťažká	Za mostom	jačmeň
P 2	Horné Semerovce	0111005	fluvizem glejová	stredne ťažká	Hrubá	pšenica
P 3	Hokovce	0106002	fluvizem typická	stredne ťažká	Rázcestie	jačmeň
P 4	Terany	0306005	fluvizem typická	stredne ťažká	Horné kukuričiská	kukurica na siláž
P 5	Hontianske Tesáre	0306002	fluvizem typická	stredne ťažká	Dolina STS	jačmeň
P 6	Hontianske Nemce	0511005	fluvizem glejová	stredne ťažká	Brodné Lúky	TTP
P 7	Prenčov	0714065	fluvizem	stredne ťažká	Široká pažiť	TTP
P 8	Prenčov	0881875	kambizem	stredne ťažká	Pri lávke	TTP

TTP - trvalý trávny porast

Produktívne časti rastlinného materiálu sme odoberali v zberovej zrelosti . Odber vzoriek rastlinného materiálu sme uskutočnili na tých istých parcelách, kde sa uskutočnili odbery pôdných vzoriek. V odobratých rastlinných vzorkách sme stanovili celkový obsah sledovaných kovov (Cu, Mn, Zn, Cr, Cd, Co, Pb, Ni a Fe) po predchádzajúcej mineralizácii suchou cestou plameňovou AAS.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V Tab. 2 uvádzame výsledky stanovení obsahov ťažkých kovov v pôdach v metodike charakterizovaných parciel. Pri hodnotení pôdnej hygieny sme vychádzali z legislatívy platnej v dobe odberu a analýzy pôdných vzoriek (rok 2003) „Rozhodnutie MP SR o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde č. 531/1994“, v ktorom sú určené limitné hodnoty rizikových látok.

Pre Cu je určená indikačná hodnota B 100 mg/kg. Táto hodnota bola prekročená u všetkých pôdných vzoriek, čo znamená preukaznosť kontaminácie sledovaného územia meďou.

Pre Zn je určená indikačná hodnota B 500 mg/kg. Táto hodnota bola prekročená u všetkých pôdnych vzoriek s výnimkou P5, u ktorej bola prekročená referenčná hodnota A.

Pre Cd je určená indikačná hodnota B 5 mg/kg, ktorá bola prekročená vo všetkých pôdnych vzorkách s výnimkou vzorky P5 a P8. U vzoriek P1 a P6 bola dokonca prekročená limitná hodnota C pre asanáciu pôd 20 mg/kg.

Vo všetkých pôdnych vzorkách s výnimkou vzorky P5 bola prekročená limitná hodnota C pre asanáciu pôd u Pb 600 mg/kg.

Kontaminácia pôd Cr, Co a Ni nebola analyticky preukázaná, keďže indikačná hodnota B nebola prekročená u žiadnej zo vzoriek. Vyššie obsahy Co však boli namerané vo vzorkách P1 – P3 a P6 – P8, kde obsahy Co prekračujú referenčnú hodnotu A. Vyššie obsahy Ni boli namerané vo vzorke P5, kde obsahy Ni prekračujú referenčnú hodnotu A.

Keďže rozhodnutie MP SR neudáva limitné koncentrácie Mn a Fe, porovnávame ich obsahy s priemerným obsahom podľa literatúry. Typický obsah Mn v pôde 450 mg/kg udáva Berrov a Reaves (1984), Lindsay (1979) udáva priemerný obsah Mn 600 mg/kg a priemerný obsah Fe 3,8%. Všetky pôdy s výnimkou pôdy P5 majú obsah Mn niekoľkonásobne vyšší ako sú uvedené priemerné obsahy. Obsah Fe u všetkých vzoriek pôd výrazne neprekračuje priemerný obsah.

Tab.2: Pôdne charakteristiky a celkové obsahy ťažkých kovov v pôdach

stanovište	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
pH/KCl	6,22	5,16	5,92	5,53	5,76	6,40	3,84	3,07
humus / %	3,68	1,54	1,47	1,95	1,83	3,84	1,78	2,18
Cu / ppm	176(B)	100(B)	132(B)	182(B)	108(B)	164(B)	264(B)	352(B)
Fe / ppm	38100	42800	40800	32400	32500	44700	42600	59000
Mn / ppm	1360	2630	1920	1460	759	2370	2210	1640
Zn / ppm	1370(B)	1630(B)	1830(B)	1240(B)	210(A)	2760(B)	1560(B)	696(B)
Cr / ppm	41,5	41,4	33,9	30,0	51,2	53,4	19,5	29,5
Cd / ppm	11,5(B)	11,1(B)	13,6(B)	10,2(B)	1,16(A)	21,1(C)	9,28(B)	3,32(A)
Pb / ppm	624(C)	828(C)	1360(C)	1280(C)	86,8(A)	1610(C)	3260(C)	2140(C)
Co / ppm	22,0(A)	26,4(A)	24,0(A)	17,2	18,8	20,0(A)	21,6(A)	24,8(A)
Ni / ppm	19,6	24,0	20,4	20,0	32,4(A)	16,4	11,6	18,0

(A) - obsah ťažkého kovu v pôde nad referenčnou hodnotou A

(B) - obsah ťažkého kovu v pôde nad indikačnou hodnotou B

(C) - obsah ťažkého kovu v pôde nad indikačnou hodnotou C pre asanáciu

Z výsledkov možno vidieť, že pôda z katastra obce Hontianske Tesáre je oproti ostatným sledovaným pôdam menej zaťažená rizikovými prvkami. Keďže táto pôda má podobné vlastnosti a chemické zloženie (pôdny typ, pôdotvorný substrát, pH/KCl, obsah humusu, zrnitostné zloženie) ako pôdy zo susedných katastrov Terany a Hokovce (viac kontaminované, nachádzajúce sa ďalej od zdroja kontaminácie), možno usudzovať, že bola menej zasiahnuté záplavami ako ostatné.

Nadlimitnú kontamináciu pôd Cu, Zn, Pb a Cd zistili v pôdach alúvia rieky Štiavnica aj iní autori (Forgáč et al, 1995), (Forgáč a Streško, 1999), ktorí sledovali obsah rizikových prvkov v pôdach na hornom toku Štiavnice.

Cieľom sledovania kontaminácie pôd ťažkými kovmi je aj predikcia ich vstupu do potravinového reťazca. Z hľadiska obsahu rizikových prvkov sa kladú vysoké nároky najmä na produktívne časti rastlín, ktoré sa využívajú vo výžive ľudí ako rastlinné produkty, suroviny potravinárskeho priemyslu, krmoviny, z ktorých ťažké kovy prechádzajú do rôznych živočíšnych produktov. Z literatúry je známe, že o prechode ťažkých kovov do rastlín nerozhoduje len ich celková koncentrácia v pôde, ale aj ich mobilita, na ktorú majú najväčší vplyv vlastnosti pôdy (Merian, 1991). Preto na viac kontaminovaných pôdach je možné dopestovať plodiny s nižším obsahom ťažkých kovov ako na menej kontaminovaných pôdach.

Pre požívatiny, vrátane rastlinných produktov, najvyššie prípustné množstvá (NPM) rizikových ťažkých kovov v potravinách stanovuje Vestník MZ SR č. 981/1996-100 a množstvá kontaminantov v potravinách určuje Výnos MP SR a MZ SR č. 414/2003-100, a zákon o potravinách č. 152/1995 Z.z. a jeho vykonávacie predpisy /Potravinový kódex/.

NPM nežiadúcich látok (ťažkých kovov) pre krmoviny určuje Výnos MP SR č. 1497/1/1997-100 o krmných surovinách na výrobu krmných zmesí a o hospodárskych krmivách v znení výnosu č. 39/1-2002-100 a v znení výnosu č. 3158/1/2003-100 takto: Cr 3 mg/kg, Pb 10 mg/kg v krmných surovinách a 40 mg/kg v zelených krmivách, Cd 1 mg/kg, Ni 5 mg/kg, u ďalších nami sledovaných ŤK najvyššie prípustné množstvá neboli určené.

Obsahy ŤK v zrne obilnín (pšenica ozimná a jačmeň jarný) a krmovinách (kukurica siata na siláž a trávne porasty) z lokalít P1 až P8 uvádzame v Tab. 3.

Tab.3: Obsahy ťažkých kovov(v mg/kg) v odobraných rastlinných vzorkách

stanovište	plodina	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Cr	Cd	Ni	Pb
P1	jačmeň	50,2	11,7	169	7,32	0,20	1,15	0,43	0,30	0,60
P2	pšenica	48,2	33,5	140	8,03	0,15	0,45	0,54	0,30	0,75
P3	jačmeň	42,6	10,9	138	5,46	0,35	0,90	0,53	0,40	0,60
P4	kukurica	105	31,9	347	13,4	0,25	2,10	1,82	1,20	2,20
P5	jačmeň	50,6	6,62	95,2	6,11	0,30	0,83	0,23	0,35	0,50
P6	TTP	94,9	44,2	62,9	24,5	0,25	5,44	1,02	0,90	3,10
P7	TTP	64,3	15,9	105	4,57	0,40	2,12	1,97	0,60	2,30
P8	TTP	1130	90,9	378	16,5	1,40	6,89	2,45	1,50	26,2
NPM pre krmoviny							3,0	1,0	5,0	10/40*
NPM pre obilniny					25,0		4,0	0,1 0,2**	2,0	0,2

xxx – prekročenie NPM

*- NPM pre zelené krmivá

** - NPM pre pšenicu

Z porovnania obsahov rizikových kovov v zrne obilovín vyplýva prekročenie NPM u Cd vo všetkých vzorkách obilovín 2,3 až 5,3 krát. Taktiež boli prekročené NPM Cd vo všetkých vzorkách krmovín 1 až 2,5 krát. NPM pre Cd boli prekročené aj stanovištiach (P5 a P8), na ktorých kontaminácia pôd kadmium nebola analyticky preukázaná. Je to pravdepodobne dôsledok vysokej bioprístupnosti Cd v kyslých pôdach a následne ľahkej kumulácie v rastlinách.

Obsah Pb v zrne obilnín všetkých vzoriek obilovín prekračuje NPM 2,5 až 3,8 krát. NPM pre Pb bolo prekročené aj na stanovišti P5 (kataster Hontianske Tesáre-pôda nekontaminovaná Pb), kde koncentrácia Pb v pôde je 10-20 krát nižšia ako na stanovištiach P1 až P3 (prekročená limitná hodnota C pre asanáciu pôd). NPM Pb v krmovinách nebolo prekročené na žiadnom zo stanovišť, hoci obsah Pb v pôde na týchto stanovištiach prekročil limitnú hodnotu C pre asanáciu 2-8 krát. Je to možné vysvetliť legislatívnym ustanovením príliš benevolentnej hodnoty NPM pre Pb v krmovinách.

Vo vzorkách TTP zo stanovišť P6 a P8 sme zistili zhruba dvojnásobné prekročenie NPM Cr pre krmoviny, hoci pôdy na týchto stanovištiach obsahujú iba mierne vyššie obsahy potenciálne uvoľnitelného Cr (prekročená A_1 referenčná hodnota).

U ostatných ťažkých kovov NPM neboli prekročené resp. nie sú legislatívne stanovené. V súčasnosti sú hodnoty NPM pre ťažké kovy v potravinách ako aj krmovinách podstatne benevolentnejšie ako napr. v 90-tych rokoch, kedy hodnoty NPM boli 2-20 krát nižšie.

ZÁVER

Z výsledkov analýz rizikových ťažkých kovov v pôdach na sledovaných stanovištiach v alúviu rieky Štiavnica vyplýva, že najväčším polutantom je Pb, ktorého koncentrácia prekračuje hranicu vyžadujúcu okamžitú asanáciu pôd. Obsahy Zn, Cd a Cu v pôdach prekračujú limity kontaminácie pre tieto prvky. Takmer všetky pôdy majú obsah Mn niekoľkonásobne vyšší ako sú publikované priemerné obsahy Mn v pôdach. Vyššie obsahy Co v pôdach (prekračujúce referenčnú hodnotu A) boli namerané na takmer všetkých stanovištiach.

Plodiny dopestované na všetkých ôsmich stanovištiach nespĺňajú zákonom stanovené limity pre Cd. Obsah olova vo všetkých odobraných vzorkách obilnín prekračuje limit pre Pb. Trvalé trávne porasty zo stanovišť P6 a P8 obsahujú nadlimitné množstvo Cr.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- Berrow M. L. And Reaves G. A., 1984. Proc Intl Conf Environ Contamination, CEP Consultants Ltd, Edinburg, UK, p. 333-340.
- Fiala K. et al, 1999. Závazné metódy rozborov pôd – ČMS pôda. VÚPOP, Bratislava, 1999
- Forgáč J., 1987. Geochémia a genéza hydrotermálne premenených hornín na strednom Slovensku. In: Geolog. Práce. Bratislava: GÚDŠ Bratislava, 1987, Spr. 86, s. 39-72
- Forgáč J., Streško V., Škvarka L., 1995. Výskyt toxických prvkov v oblasti Banská Štiavnica. In: Mineralia Slovaca, 1995, č. 27, s. 45-56
- Forgáč J., Streško V., 1999. Znečistenie pôdy v aluviálnej oblasti Štiavnického potoka. In: Mineralia Slovaca, 1999, č. 31, s. 117-130
- Forgáč J., Streško V., Šomšák L., Šimonovičová A., 2000. Biologická akumulácia ťažkých kovov v silne znečistenej pôde v aluviálnej oblasti Štiavnického potoka. In: Mineralia Slovaca, 2000, č. 32, s. 103-108
- Lindsay W. L., 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley and Sons Inc., New York, 1979
- Potravinový kódex SR - www.svps.sk

Príspevok vznikol za podpory grantu VEGA č. 1/9077/02 Vedeckej grantovej agentúry MŠ SR a SAV.