

OBSAH KADMIA A OLOVA V ZRNE JAČMEŇA SIATEHO S OHĽADOM NA DODRŽANIE EKOLOGICKEJ ROVNOVÁHY PESTOVATEĽSKÉHO PROSTREDIA
CADMIUM AND LEAD CONTENTS IN BARLEY GRAINS FROM THE VIEW POINT OF ECOLOGICAL BALANCE OF CULTIVATION ENVIRONMENT

Pavol Trebichalský, Juliana Molnárová, Janette Musilová, Judita Bystrická, Daniel Bajčan

ABSTRACT

The accumulation of cadmium and lead into generative parts of barley is dependent on various external factors (supply of soil nutrition or agrotechnical interference). Aim of our work focused on determination of accumulation of risk elements in cereal barley seed. For experimental purpose arable land from Dolná Malanta location was chosen, where three species of winter barley and four species of spring barley were tested. The impacts of entry of monitored risk elements from four fertilization levels as well as at two different conditions of cultivation, known as conventional tillage cultivation (ploughed till 0.20 m depth) and reduced tillage (ploughed till 0.10 – 0.12 m depth) were observed.

Increase of lead content in barley grains was observed in variants with reduced tillage, where phosphate and potassium fertilizers were applied. In contrary, presence of these fertilizers did not influence the content of the second risk element – cadmium. Cultivation method of reduced tillage favoured higher accumulation of cadmium in barley grains. The contents of both the risk elements did not exhibit any mutual correlation.

Key words: barley, cadmium, lead, plough, fertilizer

ÚVOD

Súčasný stav pôdneho fondu Slovenska je príkladom necitlivého vzťahu k pôde. Zhoršený stav životného prostredia s rozličným stupňom devastácie v jednotlivých regiónoch sa podieľa na strednej dĺžke života, zdravotnom stave obyvateľstva i voľne žijúcich druhov rastlín a živočíchov.

Zdravotná neškodnosť potravín rastlinného pôvodu môže byť narušená už pri vlastnej tvorbe, prechodom niektorých toxických látok z pôdy do koreňového systému a tkanív rastlín. Viaceré kovy a metaloidy pôsobia v ekosystéme toxicky a to už pri nízkych koncentráciách. Toxicita ťažkých kovov spočíva v substitúcii kovov v enzýmoch a iných životne dôležitých biomolekulách, čím dochádza k inhibícii ich funkcií. Hlavný negatívny vplyv ťažkých kovov na životné prostredie je ich nedegradovateľnosť. Ťažké kovy prebiehajú globálnym ekologickým cyklom, v ktorom hlavnú úlohu má pôda a voda (**Harangozo, 2009**). Pôda však nevystupuje ako pasívny akceptor ťažkých kovov, znečistená pôda sa stáva zdrojom znečistenia ďalších zložiek životného prostredia a potravinového reťazca. Anorganické kontaminanty v pôdnom ekosystéme je preto nevyhnutné posudzovať vo vzájomnej súvislosti s ich obsahom a pohybom vo všetkých sférach životného prostredia (**Makovníková et al., 2006; Bielek, 2002**).

K zdrojom kontaminácie pôd ťažkými kovmi patria atmosférická depozícia, hutníctvo, spaľovanie fosílnych palív, doprava, organické a minerálne hnojivá, vápnenie, pesticídy, kaly čistiarň odpadových vôd, odpady z priemyslu (**Hronec et al., 2002**).

Medzi cudzorodé látky, ktorých je veľké množstvo, patria aj olovo a kadmium. Olovo má vysokú afinitu k tvorbe komplexných zlúčenín, kde môže vystupovať s oxidačným stupňom dva a štyri. Ďalšou z možností akumulácie olova v pôde je naviazanie na síranové ióny. V pôde je limitujúca mobilná frakcia olova, ktorá je ľahko prijateľná rastlinami a teda sa touto cestou dostáva z abiotického prostredia do biotického (**Pierzynsky et al., 2005**). Toxicita olova pre rastliny je variabilná a závisí od rastlinného druhu a vlastností prvku. Napríklad,

jačmeň je naň veľmi citlivý. Môže inhibovať klíčenie semien, avšak nie tak preukazne ako pri iných kovoch a taktiež potláča rast koreňovej sústavy (Sarkar et al., 2008). Preto je olovo spravidla kumulované v koreňoch a iba vo veľmi malých množstvách je kumulované v nadzemnej biomase. Vo všeobecnosti sa považuje za jeden z najtoxickejších prvkov pre všetky živé organizmy. Indukuje v rastlinách množstvo toxických symptómov, ako napríklad: znižovanie prírastku hmoty vplyvom inhibície enzymatickej aktivity, brzdí rast a vývoj rastlín, fotosyntetické procesy, bráni príjmu makroživín a spôsobuje poškodenia na bunkovej úrovni. Olovo zapríčiňuje produkciu radikálov zo skupiny reaktívneho kyslíka, ktoré modifikujú aktivitu enzýmov antioxidantov (Verma a Dubey, 2003).

V kyslých pôdach je kadmium viac mobilné a menej pravdepodobná je spätná adsorpcia na sedimenty a minerály, horniny a piesok. Adsorpcia kadmia je závislá od jeho koncentrácií, pH pôdneho roztoku, pôdneho typu, doby pôsobenia a koncentrácie komplexotvorných ligandov. Kadmium patrí medzi prvky, ktoré sú silno mobilné v kyslej pôde. Mobilita sa zvyšuje s klesajúcou hodnotou pH, hnojením fyziologicky kyslými hnojivami a pri nízkom obsahu organickej hmoty v pôde. Pre fytoxicitu kadmia je dôležitý aj pôdny typ.

Prejav správania sa kadmia oproti iným ťažkým kovom v ekosystéme je rozdielny. Kadmium patrí medzi veľmi labilné prvky v pôde, kde sa ľahko uvoľňuje do pôdneho roztoku a teda je ľahko prijateľné rastlinami (Gimbert et al., 2008).

Fyziologický účinok kadmia na rastliny sa prejavuje hlavne v štádiu germinácie a silným brzdením produkcie biomasy (Lerbi et al., 2002), zmenou účinnosti fotosyntézy, redukciou rastu listov a koreňového systému (López-Millán et al., 2009), respirácie a transpirácie, výmenami iónovej homeostázy (vplyv na príjem železa) a taktiež zmenami v príjmu makroživín (Dong et al., 2006).

MATERIÁL A METÓDY

Realizácia poľného pokusu bola v roku 2008 na pozemkoch experimentálnej bázy FAPZ SPU v Nitre - Dolná Malanta. Experimenty boli založené blokovou metódou v štyroch opakovaníach. Veľkosť plochy jedného variantu bola 14m². Na sejbu, ošetrovanie a zber bola použitá maloparcelová technika. Získala sa úroda zrna, ktorá bola vytriedená a z nej boli odobraté štyri vzorky. Použili sa tri nasledovné odrody jačmeňa ozimného: Gerlach, Malwinta, Graciosa a štyri jačmeňa jarného: Lédi, Marthe, KM2084, Xanadu.

V pokuse boli aplikované štyri úrovne hnojenia: a - nehnojený (kontrolný) variant, b - hnojenie Conditom mineralom (výrobca: Interfood OST, Strážske) v dávke 1t.ha⁻¹ (kde sa dodalo do pôdy 100 kg N.ha⁻¹, 17 kg K.ha⁻¹ a 4 kg P.ha⁻¹), c - aplikáciou hnojív Amofos (výrobca: GAK Titan Krym, Ukrajina) v dávke 150 kg, KCl (60 %) 60 kg.ha⁻¹ (výrobca: K+S Kali, Kassel, Nemecko), Hakofyt 150 dm³.ha⁻¹ (výrobca: Hadeko, Šarišské Michaľany) a NH₄NO₃ (výrobca: Chemko, a.s. Strážske), celkovo sa dodalo do pôdy 53 kg N.ha⁻¹ N, 34,2 kg P.ha⁻¹, 36,5 kg K.ha⁻¹, d - tá istá úroveň hnojenia ako v predchádzajúcom prípade, no namiesto posledne aplikovaného samotného hnojiva NH₄NO₃ sa použila zmes NH₄NO₃ + CaCO₃ (výrobca: Chemko, a.s. Strážske).

Realizovali sa dva typy orby: C- konvenčné obrábanie (orba do hĺbky 0,20 m) a A-minimalizačné – tanierovanie (do hĺbky 0,10 - 0,12m). V pokuse sa robili tri opakovania.

Analýza ťažkých kovov v rastlinnom materiáli po mineralizácii prebiehala v dvoch fázach:

- v prvej fáze dochádza k rozkladu 2 g zomletého zrna jačmeňa suchou cestou za pridania cca 0,5 cm³ oxidačného činidla koncentrovanej HNO₃. Spopolňovalo sa na pieskovom kúpeli, potom sa žihalo v mufľovej peci pri teplote 500-550 °C.

- vo fáze druhej sa po spopolnení materiál zmiešal s HNO₃ v pomere 1:3. Po prefiltrovaní sa zmes premyla a doplnila v 50 cm³ odmernej banke. Finálnym krokom bolo stanovenie množstva Pb a Cd metódou AAS na prístroji VARIAN 240FS.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Nadlimitné hodnoty olova (nad 1 mg.kg^{-1}) boli zistené v odrode Graciosa (ozimný jačmeň) a v odrode KM 2084 (jarný jačmeň). V oboch prípadoch sa jednalo o minimalizačnú orbu, s rovnakou aplikáciou fosforečných a draselných hnojív (tabuľka 1). Keďže povolený obsah olova v aplikovanom hnojive Amofos má limit až 10 mg.kg^{-1} ([www.agrospra](http://www.agrospra.com); [www.fertistav](http://www.fertistav.com)), opierajúc sa o tento údaj, možno tým vysvetliť tento mierny nárast obsahu tohto prvku v zrne jačmeňa. Z tabuľky 1 vidno zvýšenú akumuláciu olova aj u ostatných odrôd jačmeňa ozimného ako aj u dvoch odrôd jačmeňa jarného (KM 2084, XANADU). Z výsledkov experimentu možno tvrdiť, že ak boli dané hnojivá aplikované do väčšej hĺbky pôdy, nebol zvýšený nárast množstva olova v zrne jačmeňa, pretože mobilita daného ťažkého kovu v pôde je veľmi nízka (**Velíšek, 2002; Prousek, 2001**).

Obsah kadmia, naopak, nebol vôbec ovplyvňovaný typom hnojenia. Z tabuľky č. 1 vidieť zvýšený obsah kadmia v nehnojených variantoch odrody ozimného jačmeňa Malwinta (konvenčné obrábanie) a Graciosa (minimalizačné obrábanie), vo variantoch jarného jačmeňa všetkých odrôd (okrem odrody Xanadu) bol v nehnojenom variante zvýšený obsah tohto kontaminantu len pri minimalizačnom obrábaní pôdy. Z uvedeného vyplýva jeho nízky transfer, keďže na zvýšený obsah kadmia v zrne má väčší vplyv agrotechnický zásah ako synergizmus živín v pôde. To by potvrdzovalo slová **Kozáka a Jehličku (1992)**, že kadmium ako kation sa dobre sorbuje hlavne v orníčnom horizonte pôdy. Vápnenie pôd alebo aplikácia fosforečných hnojív obmedzuje v niektorých prípadoch príjem kadmia rastlinami.

Rovnaké závery, potvrdzujúce naše výsledky, dosiahol aj **Miklovič (2000)**, ktorý posudzoval vplyv rôznej intenzity hnojenia dusíkatými, fosforečnými a draselnými hnojivami na procesy príjmu kadmia rastlinnou produkciou ovsa, raže a silážnej kukurice pestovaných na kadmium kontaminovanej pôde. Zistil, že obsah kadmia v pôde neovplyvnili rôzne dávky priemyselných hnojív. Potvrdila sa tým druhová špecifickosť v príjme kadmia. Tak isto ako vo výsledkoch obsahov kadmia **Mikloviča (2000)** v zrne raže, aj v našom experimente sa v zrne jačmeňa vyskytujú relatívne nízke hodnoty tohto ťažkého kovu.

Mechanizmus interakcii medzi olovom a inými ťažkými kovmi nie je známy (**Zaujec, 1999**), z toho dôvodu sme v našich výsledkoch nezaznamenali žiadne štatisticky významné vzťahy medzi kadmium a olovom ($R=0,1063$; $p<0,05$).

Tabuľka 1 Obsah olova a kadmia ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v zrne jačmeňa v rôznych odrodách ozimného a jarného jačmeňa v závislosti od typu orby (konvenčná a minimalizačná) a štyroch úrovní hnojenia: 1) kontrolný variant, 2) $\text{N}_{100}+\text{K}_{17}+\text{P}_4$, 3) $\text{N}_{60}+\text{P}_{22,7}+\text{K}_{36}$, 4) $\text{N}_{80}+\text{P}_{22,7}+\text{K}_{36}$.

Pb		Odrody jarného jačmeňa				Odrody ozimného jačmeňa		
P.č.	Obrábanie + úroveň hnojenia	<i>Lédi</i>	<i>KM2084</i>	<i>Marthe</i>	<i>Xanadu</i>	<i>Gerlach</i>	<i>Malwinta</i>	<i>Graciosa</i>
1	konven. ₁	0,3270	0,4854	0,3850	0,2738	0,491	0,605	0,551
2	konven. ₂	0,4379	0,7073	0,4405	0,3829	0,546	0,604	0,607
3	konven. ₃	0,4934	0,4873	0,5479	0,3284	0,492	0,440	0,553
4	konven. ₄	0,3289	0,5975	0,5498	0,3829	0,710	0,495	0,498
5	minimal. ₁	0,4940	0,5444	0,4400	0,2191	0,656	0,440	0,717
6	minimal. ₂	0,3291	0,5985	0,2747	0,3844	0,491	0,441	0,604
7	minimal. ₃	0,4374	1,2534	0,4388	0,8210	0,711	0,550	1,212
8	minimal. ₄	0,4956	1,8003	0,5482	0,4934	0,708	0,717	1,210
Cd		Odrody jarného jačmeňa				Odrody ozimného jačmeňa		
P.č.	Obrábanie + úroveň hnojenia	<i>Lédi</i>	<i>KM2084</i>	<i>Marthe</i>	<i>Xanadu</i>	<i>Gerlach</i>	<i>Malwinta</i>	<i>Graciosa</i>
1	konven. ₁	0,0599	0,0809	0,0440	0,0602	0,0436	0,0715	0,0331
2	konven. ₂	0,4215	0,0925	0,1211	0,0656	0,0218	0,0440	0,0607
3	konven. ₃	0,1645	0,3357	0,0548	0,0712	0,0601	0,0550	0,0719
4	konven. ₄	0,0932	0,1358	0,0440	0,0438	0,0546	0,0440	0,0221
5	minimal. ₁	0,3513	0,1415	0,1760	0,0548	0,0437	0,0495	0,0552
6	minimal. ₂	0,0384	0,0653	0,0440	0,0549	0,0546	0,0386	0,0330
7	minimal. ₃	0,0219	0,0817	0,0384	0,0328	0,0602	0,0605	0,0551
8	minimal. ₄	0,0055	0,0655	0,0439	0,1261	0,0272	0,0386	0,0495

Vo všetkých výsledkoch sme nezaznamenali žiadny štatisticky významný rozdiel (párový t-test) o čom svedčia aj vypočítané p- hodnoty, ktoré vo všetkých prípadoch sú väčšie ako zvolená hladina významnosti 95%.

ZÁVER

Z výsledkov vyplýva požiadavka monitoringu obsahu rizikových kovov v nadzemnej biomase a v zrne dopestovaných plodín, ako aj uskutočňovanie opatrení na minimalizáciu transferu kontaminátov v systéme pôda-rastlina. Pre tento účel by sa mali sprísniť normy v obsahu ťažkých kovov v hnojivách, ako vidno z našich hodnôt obsahov olova, zaznamenal sa nárast tohto prvku aplikáciou umelých (hlavne fosforečných) hnojív. Z tohto dôvodu by bolo prijateľnejšie preferovať zvyšovanie organickej hmoty aplikáciou biologického hnojiva. Taktiež je potrebné voliť vhodnú úpravu pôdnych vlastností, ako je úprava pôdnej reakcie (hlavne vápnenie), ktoré malo aj našom experimente mierne redukujúci účinok na vstup kadmia do hospodársky významných častí danej obilniny. Ďalej navrhujeme zvýšenie sorpčnej kapacity aplikáciou vhodne zvolených biologických sorbentov.

LITERATÚRA

BIELEK, P. 2002. Trvalá udržateľnosť – jediná alternatíva pre pôdu. In: *Pôda - jedna zo základných zložiek životného prostredia* : zborník referátov z vedeckej konferencie k 75. výročiu narodenia prof. Ing. Rudolfa Šályho, DrSc., konanej 22. mája 2002 vo Zvolene. - Bratislava : Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 2002. - s. 74-78

- DONG, J., WU, F. B. , ZHANG, G. P. 2006. Influence of cadmium on antioxidant capacity and four microelement concentrations in tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum*). In *Chemosphere* 64, 2006, s. 1659-1666.
- GIMBERT, F., MENCH, M., COEURDASSIER, M., BADOT, P. M., VAUFLEURY, A. 2008. Kinetic and dynamic aspects of soil-plant-snail transfer of cadmium in the field. In *Environmental Pollution* 152, 2008, s. 736-745.
- HARANGOZO, L. 2009. *Rizikové ťažké kovy vo vzťahu k obsahu celkových polyfenolických látok v potravinách rastlinného pôvodu*. Dizertačná práca. Nitra : Fakulta biotechnológie a potravinárstva Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. 2009. 179 s.
- HRONEC, O., TÓTH, J., TOMÁŠ, J. 2002. *Cudzorodé látky a ich riziká; Kadmium, olovo*. Košice: Harlequin Quality, 2000. 200 s. ISBN 80-968824-0-6.
- KOZÁK, J., JEHLÍČKA, J. 1992. Retence vybraných kovů půdami. In *Pedol. Melior.* 28., 1992, s. 3 – 11.
- LERBI, A., MORALES, F., ABADÍA, A., GOGORCENA, Y., LUCENA, J. J., ABADIA, J. 2002. Effect of Cd and Pb in sugar beet plants grown in nutrient solutions: induced Fe deficiency and growth inhibition. In *Fuction Plant Biology* 29, 2002, s. 1453-1464
- LÓPEZ-MILLÁN, A., SAGARDOY, R., SOLANAS, M., ABADIA, A., ABADIA, J. 2009. Cadmium toxicity in tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants grown in hydroponics. In *Environmental and Experimental Botany*, 2009. Doi:10.1016/j.envexpbot.2008.11.010, s.376-385
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G., DLAPA, P., DERCOVÁ, K. 2006. Anorganické a organické kontaminanty v pôdnom prostredí. In *Chem. Listy*, 100, 2006, s. 424-432, .
- MIKLOVIČ, D. 2000. *The Cummulaton of cadmium in plants cultivated on contaminated soil*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, vedecké práce výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy, 2000. ISBN 80-8561-84-1.
- PIERZYNSKY, G. M., SIMS, J. T., VANCE, G. F. 2005. Soil and environmental quality. In *CRC press*, Taylor & Francis, 2005, New York, USA. 569 s. ISBN 0-843-1616-2.
- PROUSEK, J. 2001. *Rizikové vlastnosti látok*. Bratislava : STU, 2001. 247 s. ISBN 80-227-1497-6.
- SARKAR, D., ANDRA, S. S., SAMINATHAN, S. K. M., DATTA, M. 2008. Chelantaided enhancement of lead mobilization in residential soil. In *Environmental Pollution* 156, 2008, s. 1139-1148.
- VELÍŠEK, J. 2002. *Chemie potravin 2; Kadmium a olovo*, Tábor: OSSIS, 2002. 320 s. ISBN 80-86659-01-1.
- VERMA, S., DUBEY, R. S., 2003. Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. In *Plant Science* 164, 2003, s. 645-655
- ZAUJEC, A. 1999. *Cudzorodé látky a hygiena pôd*. Nitra: SPU, 1999. 103 s. ISBN 80-7137-567-5.
- http://www.agrospra.sk/DOC/AMOFOS_pribal-letak.doc
<http://www.fertistav.cz/blisty/31.doc>

Pod'akovanie

Príspevok vznikol z finančnou podporou projektov VEGA 1/0551/08 a VEGA 1/4428/07.

Kontaktná adresa:

Ing. Pavol Trebichalský, PhD. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FBP, KCH, Trieda Andreja Hlinku 2. Tel.: 037 6415376, e-mail: Palotre@atlas.sk

doc. Ing. Juliana Molnárová, PhD. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FAPZ, KRV, Trieda Andreja Hlinku 2. Tel.: 037 6414216, e-mail: Juliana.Molnarova@uniag.sk

Ing. Janette Musilová, PhD. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FBP, KCH, Trieda Andreja Hlinku 2. Tel.: 037 6414606, e-mail: Janette.Musilova@uniag.sk

Ing. Judita Bystrická, PhD. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FBP, KCH, Trieda Andreja Hlinku 2. Tel.: 037 6414353, e-mail: Judita.Bystricka@centrum.sk

RNDr. Daniel Bajčan, PhD. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FBP, KCH, Trieda Andreja Hlinku 2. Tel.: 037 6414369, e-mail: Bajcan@atlas.sk