

UPTAKE OF CHROMIUM AND NICKEL TO GRAIN OF SELECTED VARIETIES OF BARLEY IN RELATION TO AGROTECHNICAL FACTORS

Pavol Trebichalský, Juliana Molnárová, Ľuboš Harangozo, Ladislav Lahučký

ABSTRACT

In 2009 model small-parcel experiment was established on enter of microbiogenic elements (Cr, Ni) into grain of selected varieties of barley in dependence on three levels of plants nutrition (in comparison to control non-fertilized variant). Two types of tillage were done: 1) conventional – into depths 0.20 m and 2) minimalization - into depths 0.10-0.12 m. Harvest was carried out in period of full ripeness and after mineralization of barley grain by dry way method the contents of Cr and Ni were assessed by instrument Varian AA 240 FS. The uptake of Cr into grain of barley was affected by variety and cumulating of Ni was dependent on type of variety only in winter barley. Nitrogen fertilizers caused a decline of Cr in spring barley and increased enter of Ni in variants with conventional tillage. Nitrogen had not influence on the uptake of heavy metals into grain of barley. Application of CaCO₃ was manifested by increase of chromium in winter barley and in variants with minimalization tillage the content of Cr by the influence of liming declined in grain of barley. Nickel was cumulating in grain of barley in limed variants only after application of conventional tillage and contrary its content was reduced in most varieties of barley after application of minimalization tillage.

Keywords: barley, cadmium, lead, plough, fertilizer

ÚVOD

Ekologické poľnohospodárstvo možno definovať ako vyvážený agroekosystém trvalého charakteru, ktorý je založený predovšetkým na miestnych a obnoviteľných zdrojoch (Bírová et al., 2001). Obrábanie pôdy má v poľnohospodárstve významné postavenie, pretože od neho závisí úprava a vytváranie pôdnych podmienok pre mikrobiálny život a prístupovanie živín z pôdy rastlinám (Kováč, et al., 1996), ako aj ťažkým kovom. Ťažké kovy sa dostávajú do pôd hlavne priemyselnou činnosťou, ale aj používanie anorganických fosforečnanov môže spôsobiť ďalšie neúmyselné znečistenie pôd ťažkými kovmi, ktoré sú v týchto hnojivách obsiahnuté ako nečistoty (Guiffrede et al., 1997). Fosfáty podľa neho obsahujú vysokú úroveň Cd a Zn, no miernejší obsah Cr zaznamenal vo fosforečnane triamónnom.

V pôdach prevláda chróm v oxidačnom stupni Cr³⁺, kedy sa vyznačuje nízkou pohyblivosťou (Tomáš et al., 2007). Mobilita chrómu v pôde závisí od obsahu organickej hmoty, obsahu ílových minerálov, redoxného potenciálu pôdy a pH (Hanuš, 1987). So zvyšujúcim sa pH rozpustnosť Cr³⁺ klesá. Z hľadiska kontaminácie dopestovaných rastlinných produktov má význam akumulácia chrómu v jednotlivých častiach poľnohospodárskych plodín. Podľa súčasných poznatkov v koreňoch prevláda Cr³⁺, v nadzemných častiach Cr⁶⁺. Lahučký et al. (2005) uvádza, že je rozdielna aj schopnosť rôznych druhov rastlín prijímať uvedené formy chrómu. Podľa výsledkov vyvodzuje záver, že koreňový systém rastlín tvorí významnú bariéru pre transport chrómu do nadzemných častí a teda aplikované dávky tohto kovu do pôdy neovplyvnili významne jeho obsah ani v nadzemných častiach jačmeňa. Koncentračné rozpätie niklu v pôdach je široké, najčastejšie sa pohybuje v rozpätí 1 – 300 mg.kg⁻¹. Priemerné hodnoty niklu sa pohybujú v pôdach medzi 30 – 80 mg.kg⁻¹ (Zaujec, 1999). Organická hmoty má veľkú schopnosť absorbovať nikel. Okrem organickej hmoty správanie Ni

ovplyvňujú i oxidy Fe a Mn, na ktorých sa adsorbuje. Časť niklu sa viaže na kremičitany, a tým prechádza na imobilnú a rastlinám neprístupnú formu. Najprístupnejšie formy niklu sú v pôdach s pH 6,5 – 7,0 (Kosorová, 2006). Podľa Tomáša (2007) najpravdepodobnejším tuhým precipitátom v pôdach je NiFe₂O₄.Ni(OH)⁺.

Bojňanská et al. (2010) uvádza, že esenciálnosť niklu je nepopierateľná, aj keď v prípade vysokého príjmu môže dôjsť k akútnym, alebo chronickým otravam. Na základe výsledkov potvrdzuje, že predovšetkým rastliny sú jeho prirodzeným zdrojom, najmä zrná ovsu. V posledných rokoch sa uvažuje o nikle ako aditívnej súčasti hnojív. Tento mikroprvok (Bai et al., 2007) je dôležitý pre zdravý vývin rastlín, pretože jeho nedostatok narušuje metabolizmus dusíkatých látok. V nadmernom množstve je ale pre rastliny samozrejme fyto toxický.

Vápnením sa udržiava žiaduca hodnota pH pôdy, nasýti sa sorpčný komplex pôdy bázickými kationmi.

Doterajšie pokusy Siebieleciho (2006) a Vago et al. (1996) dokázali, že pôdy po alkalizácii a hnojením makrobiogénnymi prvkami, ako aj mikroprvkom mangánom, dosahujú zmenu fyto toxicity niklu jeho plnou fixáciou v pôde. Na rôznych druhoch pôd a s rôznym stupňom kontaminácie menili pH prostredníctvom CaCO₃ a HNO₃. V pôdach s nižším obsahom Ni (200 mg.kg⁻¹) nezaznamenali fyto toxicku rastlín týmto kovom (pri každom pH), no fyto toxicita rastlín nastala, keď viac kontaminované pôdy boli silno kyslé. Vápnením pôdy sa redukovala fyto toxicita Ni aj pre rôzne druhy citlivých rastlín. Samozrejme, že fyto toxicita silne kontaminovaných pôd sa nedala zredukovať ani zmenou pH s CaCO₃. Podobné výsledky zaznamenala aj Vollmannová et al. (2002), kde v pokusoch plne potvrdila petrifikačnú, resp. antikontaminačnú funkciu úpravy pôdnej reakcie. Vollmannová et al. (2002) uvádza, že úpravou extrémne kyslej pôdnej reakcie vápnením sa v nadzemej biomase 36-dňových rastlín kukurice a ovsu znižoval obsah ťažkých kovov a jednoznačný pokles obsahu Ni v dôsledku vápnenia zistila v koreňoch kukurice, bôbu i ovsu. Relatívne najnižšie

kumuláciu Cr zaznamenala v nadzemných častiach všetkých sledovaných rastlín. **Vago et al. (1996)** uvádzajú, že vápnenie s CaCO_3 nemalo redukujúci vplyv na príjem chrómu do rastlín a dokonca ani výživa dusíkatými hnojivami neovplyvňovala v nádobových pokusoch vstup Cr a Ni do rastlín s rôznym typom pôd. K podobnému výsledku sa prikláňa aj **Vollmannová et al. (2003)** kde zaznamenala nižší pozitívny efekt vápnenia na príjem Cr a Pb v dvoch pokusných plodinách: v snečnici a v lucerne.

MATERIÁL A METODIKA

Výskum bol vykonaný na pozemkoch experimentálnej bázy Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre - Dolná Malanta. Lokalita má charakter roviny, nadmorská výška je 177 m.n.m., súradnice 48°19' s.z.š.; 18°09' v.z.d. Pred začiatkom experimentu sa stanovilo pH pozemku, ktoré bolo v intervale 6,03-6,29, obsah humusu bol 1,22%, percento humínových kyselín bolo 16,30%, a fulvokyselín 20,22%. Experimenty boli založené blokovou metódou. Veľkosť plochy jedného variantu bola 14 m². 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: Malwinta, Graciosa, Wintmalt a štyri jačmeňa jarného: Marthe, KM2084, Xanadu, Kangoo.

V pokuse boli aplikované štyri úrovne hnojenia: 1) nehnojený (kontrolný) variant, 2) hnojenie Conditom mineralom v dávke 1t.ha⁻¹ (kde sa dodalo do pôdy 70 kg N.ha⁻¹, 16,6 kg K.ha⁻¹ a 4,36 kg P.ha⁻¹), 3) aplikáciou hnojív: Amofos v dávke 150 kg, KCl (60 %) 60 kg.ha⁻¹, Hakofyt 150 dm³.ha⁻¹ a NH_4NO_3 , celkovo sa dodalo do pôdy 60 kg N.ha⁻¹, 22,7 kg P.ha⁻¹, 36 kg K.ha⁻¹, 4) tá istá úroveň hnojenia ako v predchádzajúcom prípade, no namiesto posledne aplikovaného samotného hnojiva NH_4NO_3 sa použila zmes $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ a tým sa dodalo do pôdy 60 kg N.ha⁻¹ a 5 kg Ca.ha⁻¹.

Realizovali sa dva typy orby: konvenčné obrábanie (orba do hĺbky 0,18 - 0,20 m) a minimalizačné – tanierovanie (do hĺbky 0,10 - 0,12m).

Analýza chrómu a niklu 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 HNO_3 . 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 HNO_3 v pomere 1:3. Po prefiltrovaní sa zmes premyla a doplnila v 50 cm³ odmernej banke. Finálnym krokom bolo stanovenie množstva Cr a Ni metódou AAS na prístroji *VARIAN 240FS*.

Výsledky boli vyhodnotené Štatistickou metódou XL-STAT na hladine významnosti $\alpha=95\%$ (označene v tabuľkách 1, 2 symbolom: [†]) a na hladine významnosti

$\alpha=99\%$ (označene v tabuľkách 1, 2 symbolom: ^{††}) v porovnaní s kontrolným variantom.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Po spriemerovaní hodnôt obsahov daných kovov nezávislé od typu orby (tab. 1) sme zistili odrodovú závislosť akumulácie chrómu do zrna jačmeňa siateho v poradí: Marthe>Kangoo>Xanadu>KM2084 (jarného jačmeňa) a u ozimného nasledovne: Wintmalt>Graciosa>Malwinta. Kumulácia niklu (tab. 2) nemala v jarnom jačmeni jednoznačnú odrodovú závislosť, ale u odrôd ozimného jačmeňa bol jeho obsah v zrne ozimného jačmeňa v nasledovnom poradí: Graciosa>Wintmalt>Malwinta. Extremne reakcie vykazovala odroda Xanadu a to maximálnym nárastom Ni po aplikácii konvenčnej orby a jeho prudkým poklesom po aplikácii minimalizačnej orby. Nižšie pH pôdy experimentálneho pozemku umožňuje lepší prechod ťažkých kovov z pôdy do rastlín (**Kosorová, 2006; Stanovič et al., 2009**), napriek tomu obsahy Cr a Ni vo všetkých sledovaných vzorkach neprekročili najvyššie prípustné množstvo podľa Potravinového kódexu SR. Tento fakt možno prisúdiť aj tomu, že v danej lokalite Dolná Malanta sa v blízkosti nenachádzal žiaden potencionálny zdroj znečistenia týmito prvkami.

Aplikácia dusíka do pôdy v odrodách jarného jačmeňa v podstate prednostne znižovala príjem chrómu do zrna jačmeňa siateho, v porovnaní s kontrolným variantom a u ozimného jačmeňa prítomnosť N v pôde nemal vplyv na vstup Cr (tab. 1); teda v ozimných možno vidieť približnú analógiu so zisteniami **Vago (1996)**. V prípade kumulácie niklu sa zaznamenal jeho nárast (okrem odrody Wintmalt), ale len vo variantoch, kde sa aplikovala konvenčná orba, v druhom type orby sa nepreukazala žiadna závislosť vstupu Ni do zrna jačmeňa siateho (tab. 2).

Rôzne stupne dávok fosforečnanov nemali prakticky žiaden badateľný vplyv na obsahy oboch ťažkých kovov v zrne jačmeňa siateho (tab. 1, 2) a preto ani doteraz nie sú publikované práce ohľadom tejto problematiky.

Vápnenie spôsobilo nárast kumulácie Cr do zrna jačmeňa (tab. 1), v porovnaní s kontrolou, vo všetkých odrodách ozimného jačmeňa nezávisle od typu orby (okrem odrody Malwinta po aplikácii minimalizačnej orby); v odrode Graciosa štatisticky preukazne, ako aj v porovnaní s vyživovanými variantami (s druhým a tretím-bez vápnenia) malo za následok taktiež skôr zvyšujúci charakter vstupu Cr do zrna ozimných odrôd jačmeňa. V jarnom jačmeni (v porovnaní s kontrolou) sa po aplikácii konvenčnej orby v odrodách KM2084 a Kangoo obsah v zrne zvýšil a vo zvyšných dvoch odrodách sa redukoval (tak isto aj v porovnaní vápneného variantu s hnojenými variantami bez CaCO_3 v jarnom jačmeni), v druhom type orby sa okrem odrody KM2084 vo všetkých variantoch znižoval (štatisticky preukazne v odrode Marthe) a v porovnaní s hnojenými variantami bez CaCO_3 sa vo vápnenom variante obsah Cr skôr znižoval, alebo bol prakticky približne rovnaký.

Tabuľka 1 Obsah chrómu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v zrne v rôznych odrodách jarného a ozimného jačmeňa v závislosti od typu orby (konvenčná a minimalizačná) a štyroch úrovni hnojenia: 1) kontrolný variant, 2) $\text{N}_{70}+\text{P}_{4,36}+\text{K}_{16,6}$, 3) $\text{N}_{60}+\text{P}_{22,7}+\text{K}_{36}$, 4) $\text{N}_{60}+\text{P}_{22,7}+\text{K}_{36}+\text{Ca}_5$.

Cr		Odrody jarného jačmeňa				Odrody ozimného jačmeňa		
P.č.	Obrábanie + úroveň hnojenia	<i>Marthe</i>	<i>KM2084</i>	<i>Xanadu</i>	<i>Kangoo</i>	<i>Malwinta</i>	<i>Graciosa</i>	<i>Wintmalt</i>
1	konven. ₁	1,52	0,76	1,30	1,08	1,30	1,41	1,11
2	konven. ₂	1,63	0,97 ⁺	1,09	1,30	0,98	1,30	1,21 ⁺
3	konven. ₃	1,42	0,64 ⁺	1,09	0,98	1,30 ⁺	1,40	1,21 ⁺
4	konven. ₄	1,09 ⁺	1,08	0,87 ⁺	1,19	1,31	1,49 ⁺	2,41
5	minimal. ₁	1,31	0,86	1,30	1,31	1,51	1,18	1,55
6	minimal. ₂	1,09 ⁺⁺	1,18	1,19	1,30	0,97 ⁺	1,49	1,31
7	minimal. ₃	1,41	1,08 ⁺	0,87	1,09 ⁺	0,75	1,28 ⁺⁺	1,54
8	minimal. ₄	1,20 ⁺	0,97	0,89	1,08 ⁺	1,19	1,48 ⁺	1,97

Tabuľka 2 Obsah niklu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v zrne v rôznych odrodách jarného a ozimného jačmeňa v závislosti od typu orby (konvenčná a minimalizačná) a štyroch úrovni hnojenia: 1) kontrolný variant, 2) $\text{N}_{70}+\text{P}_{4,36}+\text{K}_{16,6}$, 3) $\text{N}_{60}+\text{P}_{22,7}+\text{K}_{36}$, 4) $\text{N}_{60}+\text{P}_{22,7}+\text{K}_{36}+\text{Ca}_5$.

Ni		Odrody jarného jačmeňa				Odrody ozimného jačmeňa		
P.č.	Obrábanie + úroveň hnojenia	<i>Marthe</i>	<i>KM2084</i>	<i>Xanadu</i>	<i>Kangoo</i>	<i>Malwinta</i>	<i>Graciosa</i>	<i>Wintmalt</i>
1	konven. ₁	0,22	0,43	0,87	0,43	0,76	1,08	1,55
2	konven. ₂	0,33	0,86 ⁺	1,09	0,43	0,76	1,84 ⁺	1,43
3	konven. ₃	0,76	0,57 ⁺	1,09	0,65 ⁺	0,98	1,40 ⁺	1,32 ⁺
4	konven. ₄	0,76 ⁺	0,97	1,20 ⁺	0,65	1,31 ⁺	2,02	0,88
5	minimal. ₁	0,98	0,75	0,11	1,09	1,30	1,60	1,55
6	minimal. ₂	0,44 ⁺⁺	0,86	0,33	0,98	1,40	2,13	1,20
7	minimal. ₃	0,98	0,65	0,22	1,09	1,30	1,38 ⁺	1,76 ⁺
8	minimal. ₄	0,66 ⁺	1,08	0,26	0,76 ⁺	1,29 ⁺	1,37 ⁺⁺	1,20

Je zaujímavým faktom, že kumulácia Ni do zrna v porovnaní s kontrolou (okrem odrody Wintmalt) mala narastajúci charakter po aplikácii konvenčnej orby-štatisticky preukazne v odrodách Marthe a Xanadu, čo je v rozpore tvrdenia **Vollmannovej (2002, 2003) a Vago (1996)**, ktorí uvádzajú, že vápnenie malo podľa nich vplyv na pokles kumulácie tohto ťažkého kovu do zrna. Tak isto sa tento fakt pozoroval v daných odrodách aj v porovnaní len s hnojenými variantami. Redukciu vstupu niklu v zrne sme zaznamenali iba v odrodách ozimného jačmeňa (štat. preukazne s kontrolou v odrode Malwinta a vysoko preukazne v odrode Graciosa) po aplikácii minimalizačnej orby a vo variantoch jarného jačmeňa len v odrodách Marthe a Kangoo (v porovnaní s kontrolou štatist. preukazne).

ZÁVER

Z výsledkov poľného experimentu sa zistilo, že typ orby neovplyvnil na príjem Cr do zrna jačmeňa siateho, ale na vstup Ni len v ozimných odrodách. Hnojenie dusíkatými hnojivami malo vplyv na redukciu chrómu do

zrna jačmeňa siateho v porovnaní s nehnojenými variantami (okrem ozimného jačmeňa), no vo variantoch s konvenčnou orbou sa vo vyživovaných rastlinách s N nezaznamenal nárast Ni. Taktiež sa nezistil vplyv hnojenia fosforečnanmi na vstup oboch sledovaných ťažkých kovov do zrna jačmeňa siateho.

Znižovanie pH pôdy s CaCO_3 vápnením spôsobilo následné zvýšenie príjmu Cr v zrne ozimného jačmeňa; v jarnom jačmeni iba v odrode KM2084, po aplikácii minimalizačnej orby v jarnom jačmeni sa v ostatných odrodách obsah Cr znižoval, alebo v porovnaní s kontrolou prakticky nemenil. Na kumuláciu Ni mal významný vplyv typ orby, jeho redukcia vápnením pôdy (v súhlase s tvrdeniami publikovaných prác) sa zaznamenala prednostne vo variantoch s minimalizačnou orbou.

LITERATÚRA

BAI, C., REILLY, C.C., WOOD, B.W. 2007. Nickel deficiency affects nitrogenous forms and urease activity in spring xylem sap of pecan. In *Journal of the American*

- Society for Horticultural Science*, vol. 132, 2007, p. 302-303.
- BÍROVÁ, J., BULLA, J., CAGÁŇ, L. 2001. *Ekologické poľnohospodárstvo na Slovensku*. Nitra : Agroinštitút Nitra, 2001, 182 s., ISBN 80-7139-079-8.
- BOJŇANSKÁ, T., VOLLMANNOVÁ, A., FRANČÁKOVÁ, H. 2010. Influence of addition of oat and lentil on the content of the detected components in bread. In *Potravinárstvo*, vol. 4, 2010, no. 1, p. 01-04, ISSN 1338-0230
- GIUFFRÉDE LÓPEZ CARNELO L., RATTO DE MIGUEZ, S., MARBÁN, L. 1997. Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina. In *Science of the Total Environment*, vol. 204, 1997, no. 3, p. 245-250.
- HANUŠ, J. 1987. Sledovanie obsahu chrómu a jeho odčerpanie z pôdy novými kultivarmi ozimnej pšenice. In *Polnohospodárstvo*, vol. 33, 1987, no. 8, s. 708-715.
- KOSOROVÁ, M., 2006. *Prírodné podmienky ekologického poľnohospodárstva a možnosti jeho rozšírenia vo vybranom území (Tvrdošovce, Palárikovo, Šurany)*. Bratislava : Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave. 2006. Diplomová práca. 74 s.
- KOVÁČ, K. 1996. *Ekologické hospodárenia na pôde*. Piešťany : Výskumný ústav rastlinnej výroby, 1996. 132 s. ISBN 80-236-0077-X
- LAHUČKÝ, L., VOLLMANNOVÁ, A., TOMÁŠ, J., TÓTH, T. 2005. Vplyv chrómu na produkčné možnosti rastlín. In *Agriculture*, vol. 51, 2005, no. 5, p. 274-280. ISSN 0551-3677.
- SIEBIELEC, G., CHANEY, R., KUKIER U. 2007. Liming to remediate Ni contaminated soils with diverse properties and a wide range of Ni concentration. In *Plant and soil*, vol. 299, 2007, no. 1-2, p. 117-130.
- STANOVIČ, R., ÁRVAY, J., LAHUČKÝ, L., JOBBÁGY, J. 2010. Pôdna kontaminácia ťažkými kovmi v alúviu riečky Štiavnica, In *Potravinárstvo*, Združenie HACCP Consulting ; 2007 : Nitrianske Hrnčiarovce, roč. 4, , 2010, mimoriadne číslo, p. 342-347, ISSN 1337-0960.
- TOMÁŠ, J., HRONEC, O. 2007. *Poškodzovanie pôd a rastlín ľudskými činnosťami*. Nitra : SPU Nitra, 2007. 110 s. ISBN 978-80-8069-902-4.
- VAGO, I., GYÖRI, Z., LOCH, J. 1996. Comparison of chromium and nickel uptake of plants in different soils. In *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, vol. 354, 1996, no. 5-6, p.714-717
- VOLLMANNOVÁ, A., LAHUČKÝ, L., TOMÁŠ, J., HEGEDŮŠOVA A., JOMOVÁ, K. 2002. The arrangement of extremely acid soil reaction in relationship to Cd, Pb, Cr and Ni intake by the plants. In *Ekológia* (Bratislava), vol. 21, 2002, no.4, p. 442-448. ISSN 1335-342X.
- VOLLMANNOVÁ, A., LAHUČKÝ, L., TOMÁŠ, J., TÓTH T. 2003. Liming of extremely acid soils with respect to input of some heavy metals into plants. In *Acta fytotechnica et zootechnica*, vol 2, 2003, p. 29-32.
- ZAUJEC, A. 1999. *Cudzorodé látky a hygiena pôd*. Nitra: SPU, 1999. 103 s. ISBN 80-7137-567-5.

Pod'akovanie:

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

Contact address:

Name Surname, Department of Hygiene and Food Safety, Faculty of Biotechnology and Food Science, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, Email: name@domainname.sk.

Name Surname, Department of Hygiene and Food Safety, Faculty of Biotechnology and Food Science, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, Email: name@domainname.sk.

Name Surname, Department of Hygiene and Food Safety, Faculty of Biotechnology and Food Science, Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra Slovakia, Email: name@domainname.sk.