

## A INPUT OF CADMIUM FROM SOIL INTO LENTIL AND FABABEAN SEEDS IN RELATION TO THE CONTENT OF POLYPHENOLIC COMPOUNDS

*Mária Timoracká, Alena Vollmannová, Beáta Volnová, Dalaram S. Ismael*

### ABSTRACT

In the plant, the polyphenols create in the defense mechanism against stress conditions, such as heavy metals. In view of the above aspects, therefore we will work focused on monitoring the influence of accumulation of cadmium on the formation of polyphenols in lentil and faba bean in a model vegetation conditions, in which have been deliberately added dose of Cd with 5,10,15 multiple as the limit value claimed by the limits of the Law no. 220/2004 Z.z. to assess the state of soil contamination. In all scenarios exceed the maximum permitted levels for Food Codex SR for cadmium in grains of both crops. Influence of soil contamination on the content of polyphenols was significantly confirmed, although the content of polyphenols in some variants show some tendency with increasing dose of heavy metal, but results both indicate that the formation of polyphenols (as response to stress) is probably genetically determined.

**Keywords:** faba bean, lentil, Cd contamination, polyphenol

### ÚVOD

Kontaminácia pôd a následne aj potravín ťažkými kovmi je jedným z hlavných činiteľov, ktoré sa podieľajú na zdravotnom stave obyvateľstva, preto monitoring a bezpečnosť potravín z hľadiska obsahu rizikových kovov by mali byť jednou z priorit výrobcov potravín i konzumentov. Z tohto dôvodu je nevyhnutné hľadať riešenia znižovania negatívnych vplyvov zvýšených obsahov rizikových prvkov v pôde na jednotlivé zložky potravinového reťazca. Jedno z riešení ponúka aj samotný obranný systém rastlín. Stres, ktorý je vyvolaný účinkom ťažkých kovov, môže vyvolávať v rastlinných pletivách aj pozitívny účinok, napr. aktivovať antioxidantný systém bunky. Predpokladá sa, že na antioxidantnom účinku, okrem iných mechanizmov a substrátov, sa podieľajú aj rastlinné polyfenoly svojou schopnosťou zhasťovať reaktívne kyslíkové radikály a obmedzovať tvorbu ďalších radikálov chelatáciou niektorých iónov prechodných prvkov, ktoré sú schopné generovať vysoko reaktívne hydroxylové radikály. To znamená, že nadlimitná koncentrácia toxických prvkov môže pôsobiť na rastlinu ako environmentálny stresový faktor a vyvolať zvýšenú tvorbu polyfenolických látok s antioxidantným účinkom.

Cieľom našej práce bolo v modelových podmienkach vegetačného nádobového pokusu sledovať mieru kumulácie vybraných ťažkých kovov a tvorby polyfenolov v semene strukovín (šošovica, bôb) v závislosti od miery kontaminácie kadmium – prvkom, ktorý je prítomný v pôde v nadlimitnej koncentrácii na väčšine územia Slovenskej republiky.

### MATERIÁL A METÓDY

Pre náš experiment bola použitá forma nádobového pokusu. Pôda v nádobách sa zmiešala s pieskom (5 kg pôdy + 1 kg kremičitého piesku), do ktorej boli postupne

zasadené skúmané vzorky šošovice (odroda Nelka) a bôbu (odroda Merlin). Vzhľadom k stanovenému obsahu živín v pôde sa formou základného hnojenia upravil ich obsah superfosfátom (22 g), KCl (60 %, 4,9 g) a močovinou (4,2 g) tak, aby ich obsahy boli dobré v pokusnej pôde. Pôda bola postupne zaťažovaná stupňovanými dávkami kadmia vo forme vo vodorozpustnej soli  $\text{CdCl}_2 \cdot 2 \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  (dávka sa prepočítala cez stanovenú hodnotu Cd v pôde vzhľadom k limitnej hodnote). Do pôdy boli zámerné pridávané dávky Cd s 5, 10, 15-násobným prekročením ich limitnej hodnoty v pôde udávanej limitmi podľa Zákona v č. 220/2004 Z.z. pre zhodnotenie stavu kontaminácie pôd. Každý variant mal 4 opakovania (Tabuľka 1).

#### Použité analytické metódy

V každej pôdnej vzorke sa stanovovali nasledovné charakteristiky: pôdna reakcia, obsah celkového dusíka v pôde podľa Kjeldahla, obsah rastlinám prístupného fosforu, draslíka a horčíka a „mobilnej formy“ vápnika v pôde vo výluhu podľa Melicha II, obsah humusu v pôde Ťurinovou metódou v modifikácii podľa Nikitina. Pre hodnotenie pôdnej hygieny sa stanovovali obsahy ťažkých kovov vo výluhu  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ( $c=1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) a  $\text{HNO}_3$  ( $c=2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Pseudototálne obsahy rizikových ťažkých kovov boli stanovené po mineralizácii vzoriek pôdy lúčavkou kráľovskou. V semenách bôbu sa stanovovali obsahy ťažkých kovov a celkových polyfenolov.

Analytickou metódou stanovenia obsahov prvkov v pôde i rastlinách bola plameňová atomová absorpčná spektrometria (prístroj AA240FS Varian, CA). Obsah rastlinám prípustného fosforu sa stanovil spektrofotometricky na prístroji Shimadzu 1024 (Japonsko).

Obsah celkových polyfenolov sa stanovil použitím Folin-Ciocalteuovho skúmadla spektrofotometricky na prístroji Shimadzu 1024 (Japonsko).

**Tabuľka 1** Varianty kontaminácie pôdy kadmium

variant	hnojenie + Cd		
		<b>LH*</b>	<b>0,7 mg Cd.kg<sup>-1</sup></b>
A	NPK	stanovená hodnota	0,9 mg Cd.kg <sup>-1</sup>
B	NPK + 4,6 mg Cd.kg <sup>-1</sup>	5 násobok limitnej hodnoty	
C	NPK + 9,1 mg Cd.kg <sup>-1</sup>	10 násobok limitnej hodnoty	
D	NPK + 13,5 mg Cd.kg <sup>-1</sup>	15 násobok limitnej hodnoty	

\* limitná hodnota - Zákon č. 220/2004 Z.z.

Výsledky boli vyhodnotené podľa:

- zákona č. 220/2004 Z.z. pre zhodnotenie stavu kontaminácie pôd – výluh v NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (c=1 mol.dm<sup>-3</sup>) a lúčavke kráľovskej
- Rozhodnutia Ministerstva pôdohospodárstva SR č. 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách rizikových látok v pôde – výluh v HNO<sub>3</sub> (c=2 mol.dm<sup>-3</sup>)
- Potravinového kódexu Slovenskej republiky

Pri hodnotení biologického materiálu bola použitá štatistická metóda analýzy variancií t-test pre závislé vzorky na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$ . Vzťahy medzi obsahmi ťažkých kovov navzájom a obsahmi celkových polyfenolov sa vyjadrili korelačnými vzťahmi. Na štatistické spracovanie údajov sa použil program EXCEL 2010 a Statistica Vs. 6.0. Cz software.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Hodnotenie pôdy z lokality odberu

V modelových podmienkach vegetačných nádobových pokusov bola použitá pôda z lokality Výčapy – Opatovce. Výsledky stanovenia pôdnej reakcie, obsahov prístupných živín, celkových obsahov ťažkých kovov a obsahov rizikových látok vo výluhu 2 mol.dm<sup>-3</sup> HNO<sub>3</sub> a 1 mol.dm<sup>-3</sup> NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> v pôdných vzorkách z jednotlivých lokalít odberu sú uvedené v tabuľkách 2-3.

Obsah prítomných makroprvkov sa stanovili metódou podľa Melicha II (UKSÚP Bratislava – Zvolen, 1995). Pôda z lokality Výčapy – Opatovce sa vyznačovala veľmi nízkym obsahom fosforu, dobrým obsahom draslíka a vysokým obsahom horčíka, pričom optimálna zásoba živín sa má pohybovať približne na hladine 100 – 125 mg P.kg<sup>-1</sup> pôdy; 140 – 220 mg K.kg<sup>-1</sup> pôdy a 110 – 180 mg Mg.kg<sup>-1</sup> pôdy. Pretože obsah fosforu bol nízky, pôdu sme upravili podľa základného hnojenia na obsah fosforu dobrý. Obsah prístupného dusíka sa vyhodnotil ako dobrý. Obsah humusu sa hodnotil podľa Kódexu správnej poľnohospodárskej praxe SR 1994 MP SR. Jeho hodnota je stredne humózná a pôdna reakcia pH<sub>KCl</sub> bola extrémne kyslá.

Obsah ťažkých kovov stanovený v lúčavke kráľovskej, tzv. pseudototálny obsah z lokality Výčapy – Opatovce sa porovnával s limitnou hodnotou. Hodnoty obsahov všetkých sledovaných prvkov boli pod limitnou hodnotou s výnimkou Co, ktorého totálny obsah dosiahol a Cd, ktorého obsah prekročil (o 22,3 %) hodnotu stanovenú **zákonom č. 220/2004 Z. z.** Vyšší obsah kadmia v pôdnom extrakte lúčavky kráľovskej nemusí byť príčinou jeho zvýšeného obsahu v semene plodiny, preto pre posúdenie hygienického stavu pôd je dôležitejšie, ak sú k dispozícii stanovené mobilné formy rizikových prvkov, ktoré sú rozhodujúce v procese transferu pôda - rastlina.

**Tabuľka 2** Agrochemická charakteristika a obsah živín (mg.kg<sup>-1</sup>) v pôde z lokality Výčapy – Opatovce

Agrochemická charakteristika	pH	pH	Cox	humus	
	(H <sub>2</sub> O)	(KCl)	(%)	(%)	
	5,98	4,36	1,52	2,63	
Makroprvky	N	K	Ca	Mg	P
	<b>2975</b>	<b>212,5</b>	<b>1459,5</b>	<b>256</b>	<b>19,8</b>

**Tabuľka 3** Obsah ťažkých kovov (mg.kg<sup>-1</sup>) v rôznych extraktach pôdy z lokality Výčapy – Opatovce

Ťažké kovy	Zn	Cu	Mn	Fe	Cr	Cd	Pb	Co	Ni
<b>lúčavka kráľovská</b>	52,4	45,8	621,2	25500	31,8	<b>0,9</b>	22,2	<b>15</b>	31,6
<i>limitná hodnota*</i>	150	60	-	-	70	0,7	70	15	50
<b>HNO<sub>3</sub></b>	5,3	9,1	141	894	1,9	0,2	8,9	1,8	6,4
<i>referenčná hodnota **</i>	40	20	-	-	10	0,3	30	-	10
<b>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub></b>	0,24	0,06	12,08	0,15	0,07	0,03	<b>0,22</b>	0,17	0,46
<i>kritická hodnota*</i>	2	1	-	-	-	0,1	0,1	-	1,5

\* Zákon č. 220/2004 Z. z., \*\* Rozhodnutie MP SR 531/1994-540

Stanovili sa obsahy ťažkých kovov vo výluhu HNO<sub>3</sub> (c = 2 mol.dm<sup>-3</sup>), tzn. ich potenciálne uvoľniteľné formy. Porovnávaním hodnôt v tabuľke 3 oproti referenčnej hodnote môžeme konštatovať, že obsahy ťažkých kovov boli pod referenčnou hodnotou určenou podľa **Rozhodnutia MP SR č. 531/1994-540**. Nakoniec sa hodnotili obsahy ťažkých kovov vo výluhu NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (c = 1mol.dm<sup>-3</sup>), tzn. mobilné formy rizikových prvkov v pôde. Všetky stanovené hodnoty boli nižšie ako kritická hodnota, maximálna prípustná hodnota bola prekročená len v prípade obsahu mobilných foriem Pb.

*Hodnotenie obsahu ťažkých kovov v semenách strukovín*

Cieľom tohto prešetrovania bolo zistiť vplyv úrovne kontaminácie pôdy kadmium na jeho obsah v dopestovaných semenách bôbu a šošovice. Výsledky boli hodnotené podľa **Potravinového kódexu SR (PK SR)**. Slovenská republika má stanovené limity pre maximálne hodnoty vybraných rizikových prvkov, ktoré sa nachádzajú v strukovinách, t.j. pre kadmium, olovo, chróm, meď, nikel a zinok sú maximálne hodnoty 0,1; 1,0; 4,0, 15,0; 6,0; 50 mg.kg<sup>-1</sup>. Limity pre kontaminanty v slovenských potravinárskych komoditách sú v súlade s limitmi EÚ (**Cimboláková, Nováková, 2009**).

Porovnávaním údajov z tabuliek 4-5 môžeme konštatovať, že vo všetkých variantoch boli prekročené maximálne prípustné množstvá určené PK SR pre obsah kadmia a niklu.

Zámerné pridávanie stupňovaných dávok kadmia do pôdy sa štatisticky významne (P>0,05) prejavilo v jeho obsahu v semene bôbu (R=0,92), a aj šošovice (R=0,82). Z hodnôt obsahov Cd uvedených v tabuľkách 4-5 môžeme tiež usudzovať, že miera kumulácie kadmia v jednotlivých variantoch bola porovnateľná pre obe plodiny. V každom variante oboch plodín bolo prekročené maximálne prípustné množstvo určené PK SR pre kadmium (0,1 mg.kg<sup>-1</sup>), čo môže byť spôsobené vysokou mobilitou tohto prvku v pôde. V prípade bôbu aj šošovice bol najvyšší obsah Cd zaznamenaný vo variante D s najvyššou záťažou pôdy. V bôbe bola nameraná priemerná hodnotu 5,02 mg.kg<sup>-1</sup>, čo predstavuje 16,2-násobne zvýšenie oproti kontrolnej hodnote (0,31 mg.kg<sup>-1</sup>). V šošovici bolo zaznamenané 13,6-násobné zvýšenie obsahu Cd v porovnaní s kontrolným variantom.

Pre názornosť je v grafickom prevedení znázornené prekročenie limitnej hodnoty obsahu Cd v jednotlivých variantoch v semene bôbu (graf 1) a šošovice (graf 2).

Na základe údajov v tabuľkách 4-5 sme ďalej zistili, že maximálne prípustné množstvá určené Potravinovým kódexom SR boli prekročené i v prípade obsahu niklu (0,6 mg.kg<sup>-1</sup>).

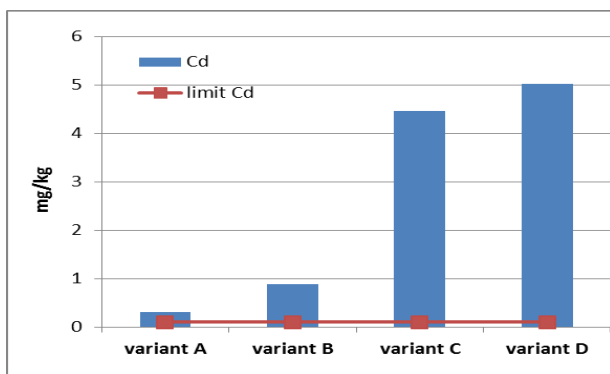
**Tabuľka 4** Obsah ťažkých kovov (mg.kg<sup>-1</sup>) v semene bôbu po aplikácii stupňovaných dávok kadmia do pôdy (Výčapy-Opatovce) (n=4)

Variant	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd
A	40,95	7,00	1,27	<b>9,28</b>	0,65	0,65	<b>0,31</b>
B	42,13	7,87	1,287	<b>10,15</b>	0,76	0,55	<b>0,88</b>
C	43,78	8,97	1,48	<b>9,66</b>	0,56	0,65	<b>4,46</b>
D	47,21	9,25	1,28	<b>9,56</b>	0,62	0,70	<b>5,02</b>

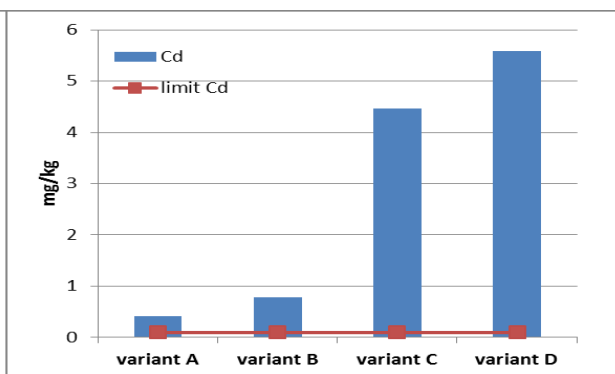
**Tabuľka 5** Obsah ťažkých kovov (mg.kg<sup>-1</sup>) v semene šošovice po aplikácii stupňovaných dávok kadmia do pôdy (Výčapy-Opatovce) (n=4)

Variant	Zn	Cu	Co	Ni	Cr	Pb	Cd
A	50,98	5,55	0,88	<b>7,76</b>	0,57	1,00	<b>0,41</b>
B	45,46	5,30	0,65	<b>7,71</b>	0,5	0,67	<b>0,78</b>
C	49,12	10,20	0,86	<b>8,77</b>	0,52	0,82	<b>4,47</b>
D	45,8	7,91	0,73	<b>7,70</b>	0,62	0,88	<b>5,58</b>

**Graf 1** Obsah Cd v semene bôbu



**Graf 2** Obsah Cd v semene šošovice



**Kabata-Pendias, Pendias (1995)** opísali vzťah medzi kadmíom a niklom ako antagonistický, ale aj synergický. Podľa **Kalavrouzotis et al. (2009)** zvyšujúce sa koncentrácie Cd štatisticky významne znižujú obsah Ni v pletivách rastlín (antagonistický vzťah). Medzi obsahom kadmia a niklu v semenách ovsu zistila **Bystrická (2011)** stredne silnú pozitívnu štatistickú závislosť (synergický vzťah). V našom experimente nebola potvrdená závislosť ( $P > 0,05$ ) medzi obsahom kadmia a niklu v semenách strukovín. V prípade zinku sme zaznamenali mierne zvýšenie oproti limitu PK SR len v kontrolnom variante šošovice (variant A). Strukoviny sú známe ako akumulátory zinku (**Gencelep et al., 2009**) a koncentrácia zinku v testovaných plodinách sa pohybovala od 40, 95 do 50,98 mg.kg<sup>-1</sup>. Testovaním hodnôt obsahov kadmia a zinku sme nezaznamenali štatisticky významný vzťah v semene šošovice, ale v prípade bôbu bola zistená štatistická významnosť hladín Zn a Cd ( $P > 0,05$ ).

**Dobříková (2004)** zistila, že kombináciou katiónov v sústave Cd + Zn, resp. Cd + Ni sa súčasne preukázala vyššia akumulácia Cd v semene bôbu ako pri variante, kde sa kadmium aplikovalo izolovane. Napriek tomu zaznamenala i prípady, kedy vytvorený systém kadmia a katiónov akumuláciu Cd v sušine znížil. **Dobříková (2004)** vysvetľuje uvedené skutočnosti na základe kompetitívnej interakcie medzi Cd<sup>2+</sup> a Zn<sup>2+</sup> (príjem Cd<sup>2+</sup> je inhibovaný Zn<sup>2+</sup> a príjem Zn<sup>2+</sup> inhibovaný Cd<sup>2+</sup>) i na základe skutočnosti, že obidva katióny majú spoločný transportný systém cez plazmatickú membránu koreňových buniek. **Bystrická (2011)** pri rovnakej stupňovanej záťaži pôdy kadmíom (rovnaké podmienky variantov ako v našom pokuse) nezaznamenala štatisticky významný vzťah medzi obsahom kadmia a zinku v semene pseudocereálií. **Nöel et al. (2006)** však dospeli k záveru, že rastúci obsah Cd vyvolal výraznú akumuláciu zinku.

*Stanovenie obsahu celkových polyfenolov v strukovinách*

Problematika výskytu a obsahu fenolických látok v rastlinnom materiáli je v súčasnom období riešená v prácach mnohých odborníkov a v tejto súvislosti sú výskumu podrobené aj strukoviny. Typ odrody, lokalizácia rastu a kontaminácia pôdy (**Musilová, 2009; Lachman et al., 2006**) môžu mať vplyv na obsah polyfenolov. V modelových podmienkach vegetačného pokusu sme preto overovali aj schopnosť konzumných častí sledovaných strukovín kumulovať olovo a kadmium vo vzťahu k tvorbe polyfenolických látok. V semene bôbu a šošovice bol obsah celkových polyfenolov vyjadrený ako ekvivalent tanínu v mg.kg<sup>-1</sup> suchého materiálu (Tab. 6 a 7). Stanovenie obsahu celkových polyfenolov sme vyhodnotili štatisticky t-testom a korelačnými vzťahmi. Porovnávaním hodnôt obsahov celkových polyfenolov medzi jednotlivými variantmi bôbu so stupňovanými dávkami Cd sme zaznamenali pokles obsahu polyfenolov, okrem variantu B (s prídavkom 4,6 mg Cd), kde bol obsah polyfenolických látok štatisticky nevýznamne zvýšený o takmer 5 % v porovnaní s kontrolným variantom A. V semene bôbu sme maximálnu priemernú hodnotu dosiahli vo variante B, ktorá mala hodnotu 2820,06 mg tanínu.kg<sup>-1</sup> a minimálna priemerná hodnota bola vo variante D (najvyššia záťaž pôdy), kde hodnota bola 2491,02 mg tanínu.kg<sup>-1</sup>. Testovaním hodnôt medzi obsahom kumulovaného kadmia a obsahom celkových polyfenolov v semene bôbu sme zistili štatisticky stredne významnú negatívnu závislosť ( $R = -0,54$ ,  $P > 0,05$ ). **Bystrická (2011)** udáva štatisticky preukaznú pozitívnu koreláciu medzi kumuláciou kadmia a obsahom celkových polyfenolov pseudocereáliách. **Musilová (2009)** nezistila významný vzťah medzi uvedenými sledovanými parametrami v zemiakových hľuzách.

**Tabuľka 6** Obsah kadmia a celkových polyfenolov (mg.kg<sup>-1</sup>) v semene bôbu po aplikácii stupňovaných dávok kadmia do pôdy (Výčapy-Opatovce) (n=4)

Variant	Cd	obsah celkových polyfenolov*
A: NPK	0,31 ± 0,03	2695,65 ± 6,86 a
B: NPK + 4,6 mg Cd.kg <sup>-1</sup>	0,88 ± 0,11	2820,06 ± 9,07 a
C: NPK + 9,1 mg Cd.kg <sup>-1</sup>	4,46 ± 0,47	2620,06 ± 11,46 a
D: NPK + 13,5 mg Cd.kg <sup>-1</sup>	5,02 ± 0,79	2491,02 ± 2,92 a,b

**Tabuľka 7** Obsah kadmia a celkových polyfenolov (mg.kg<sup>-1</sup>) v semene šošovice po aplikácii stupňovaných dávok kadmia do pôdy (Výčapy-Opatovce) (n=4)

Variant	Cd	obsah celkových polyfenolov*
A: NPK	0,41 ± 0,03	1160,54 ± 11,06a
B: NPK + 4,6 mg Cd.kg <sup>-1</sup>	0,78 ± 0,21	1082,50 ± 10,57a
C: NPK + 9,1 mg Cd.kg <sup>-1</sup>	4,47 ± 0,27	1809,63 ± 9,03a,b
D: NPK + 13,5 mg Cd.kg <sup>-1</sup>	5,58 ± 0,30	1274,98 ± 6,14 a

\* rozdielne písmená - štatistická preukaznosť pri hladine významnosti  $\alpha = 0,05$

V prípade testovania vzťahu prídavku kadmia do pôdy, obsahu kumulovaného kadmia vo vzťahu k obsahu polyfenolov v šošovici nie je možné určiť jednoznačnú tendenciu alebo závislosť medzi sledovanými parametrami. Korelačný koeficient je veľmi nízky ( $R=0,13$ ,  $P>0,05$ ). Zatiaľ čo v kontrolnom variante hodnota celkových polyfenolov predstavovala  $1160,54 \text{ mg.kg}^{-1}$ , najvyššiu hodnotu sme zaznamenali vo variante C (priemerná hodnota  $1809,63 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), a to o takmer 20 % vyššiu oproti kontrolnému variantu. Pri najvyššej záťaži pôdy kadmium - variant D - nastal významný pokles obsahu polyfenolických látok na hodnotu  $1274,98 \text{ mg tanínu.kg}^{-1}$ .

### ZÁVER

V našej práci sme sa zaoberali vplyvom cieľenej kontaminácie pôdy toxickým prvkom - kadmium, jeho kumuláciou v semene bôbu a šošovice a následne sme posudzovali indukovanú tvorbu polyfenolov v konzumnej časti strukovín. Na základe výsledkov môžeme konštatovať, že u kadmia sme zistili jeho nadlimitný obsah v semene oboch strukovín vo všetkých sledovaných variantoch pokusu. Je to dané jeho vysokou mobilitou v pôdach, z čoho vyplýva jeho vysoký príjem rastlinami. Obsahy polyfenolov v jednotlivých variantoch oboch strukovín vykazovali nejednoznačnú tendenciu. Môžeme konštatovať, že obsah polyfenolov strukovínach sa môže zvýšiť po pridaní kadmia alebo olova do pôdy (ako odpoveď na stresovú situáciu), ale súčasne výsledky naznačujú, že tvorba polyfenolov je podmienená pravdepodobne geneticky a tiež závisí od druhu plodiny.

### LITERATÚRA

- BYSTRICKÁ, J. 2011. Polyfenoly vo vzťahu k antioxidačnej aktivite vybraných pseudocereálií : habilitačná práca. Nitra : SPU, 2011. 190 p.
- CIMBOLÁKOVÁ, I., NOVÁKOVÁ, J. 2009. Heavy metals – the important element of the food chain. In *Potravinárstvo*, vol. 3, 2009, no. 3, p. 14-16.
- DOBRIKOVÁ, E. 2004. Možnosti znižovania fytotoxicity kadmia vplyvom kationov  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  a  $\text{Mn}^{2+}$ : dizertačná práca. Nitra : SPU, 2004. 120 s.
- GENÇCELEP, H., UZUN, Y., TUNÇTÜRK, Y., DEMIREL, K. 2009. Determination of mineral content of wild-grown edible mushrooms. In *Food Chemistry*, vol. 133, 2009, p. 1033-1036.
- KABALA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. 1992. *Trace Elements in Soil And Plants*. 2<sup>nd</sup> edition. London : CRC Press, 1992. 365 p.

LACHMAN, J., HAMOUZ, K., ČEPL, J., PIVEC, V., ŠULC, M., DVOŘÁK, P. 2006. Vliv vybraných faktorů na obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu hlíz brambor. In *Chemické listy*, vol. 100, 2006, s. 522-527.

MUSILOVÁ, J. 2009. Vzťah vybraných rizikových kovov k nutričným komponentom ľuľka zemiakového (*Solanum tuberosum* L.): habilitačná práca. Nitra : SPU, 2009. 120 p.

NÖEL, L., HUYNH-DELERME, C., GUERIN, T., HUET, H., FRÉMY, J. M., KOLF-CLAUW, M. 2006. Cadmium accumulation and interactions with zinc, copper, and manganese. In *Biometals*, vol. 99, 2006, no. 6, p. 473-481.

*Rozhodnutie MP SR No. 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách rizikových látok v pôde. MP SR:*

*Vestník MP SR, roč. XXVI, časť I., rozhodnutie 3, číslo 531/1994.*

KALAVROUZOTIS, I. K., KOUKOULAKIS, P. H., MANOURIS, G., PAPADOPOULOS, A. H. 2009. Interactions between cadmium, lead, cobalt, and nickel in broccoli, irrigated with treated municipal wastewater. In *European Water*, vol. 25, 2009, no. 26, p. 13-23.

*Potravinový kódex, 2004. Výnos Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky a Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky z 15. marca 2004 No 608/3/2004 - 100, ktorým sa vydáva hlava Potravinového kódexu Slovenskej republiky upravujúca kontaminanty v potravinách.*

### Contact address:

Ing. Mária Timoracká PhD., Slovak Agricultural University in Nitra, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Department of Chemistry, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovak Republic, E-mail: maria.timoracka@uniag.sk

prof. RNDr. Alena Vollmannová, PhD., Slovak Agricultural University in Nitra, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Department of Chemistry, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovak Republic, E-mail: alena.vollmannova@uniag.sk

Ing. Beáta Volnová, Slovak Agricultural University in Nitra, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Department of Chemistry, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovak Republic, E-mail: beata.volnova@uniag.sk

Dalaram S. Ismael, Slovak Agricultural University in Nitra, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Department of Chemistry, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovak Republic, E-mail: dlaram.dizayee@gmail.com