

PROTEINS OF POTATOES IN RELATION TO THE CONTENT OF CADMIUM IN THEIR TUBERS

Janette Musilová, Judita Bystrická

ABSTRACT

In the work the influence of cadmium in soil on the range of cumulating in tubers of potatoes and in proteins of potatoes grown under model conditions of pot trial experiment and under the real conditions of locality Imeľ in Danube Lowland was surveyed. Under conditions of pot trial the increased contents in tubers positively correlated with contents of cadmium applied into soil; the highest content of Cd was assessed in variety Junior (from 0.211 mg.kg⁻¹ FM in 1st variant to 0.715 mg.kg⁻¹ FM in 4th variant). The influence of increased content of Cd was manifested statistically significant in the content of proteins also in the content of Cd in protein fractions (1st var. 0.026 (Asterix) – 0.045 (Agria) mg.kg⁻¹ FM; 2nd var. 0.047 (Livera) – 0.085 (Asterix) mg.kg⁻¹ FM; 3rd var. 0.06 (Livera) – 0.117 (Junior) mg.kg⁻¹ FM; 4th var. 0.068 (Livera) – 0.142 (Asterix) mg.kg⁻¹ FM). Contents of Cd in potatoes from locality Imeľ did not exceed the value 0.1 mg.kg⁻¹ FM defined in Food Codex of the Slovak Republic. The average contents of proteins were in range from 1.19 % (Victoria) to 1.489 % (Adora), the average content of Cd cumulated in proteins was the highest in variety Vivaldi (1.317 µg.kg⁻¹ FM). Positive correlation was confirmed between the content of Cd in potato tubers and in proteins only in Livera variety.

Keywords: potatoe, cadmium, protein

ÚVOD

Bielkoviny sa zaraďujú spolu s lipidmi a sacharidmi k hlavným živinám. Patria k najdôležitejším zložkám ľudskej výživy. V organizme sú po hydrolyze na aminokyseliny využívané na obnovu a výstavbu tkanív a tiež čiastočne ako zdroj energie (Velíšek, 2002). Sú nevyhnutnou zložkou potravy, pretože sú hlavným zdrojom dusíka, vrátane esenciálnych aminokyselín (Davídek et al., 1983).

Dusíkaté látky patria medzi najdôležitejšie komponenty zemiakovej hľuzy. Predstavujú zhruba 11,7 % jej energetického obsahu. Tvoria ich bielkoviny, aminokyseliny, amidy, rôzne bázy, anorganické zlúčeniny a pod. Najdôležitejšou zložkou dusíkatého komplexu je čistá bielkovina, ktorá je tvorená prevažne albumínmi a globulínmi. Bielkovina zemiakov je z biologického hľadiska jednou z najhodnotnejších bielkovín predovšetkým preto, že obsahuje nevyhnutné aminokyseliny. Podľa Bárta et al. (2000) kvalita bielkovín zemiakových hľúz dosahuje 70 – 85 % kvality vaječných bielkovín. Oproti ostatným hlavným rastlinným bielkovinám je zemiaková bielkovina významným zdrojom lyzínu. Je vhodná najmä pre ľudí s malou fyzickou záťažou. Súčasťou zemiakovej bielkoviny je i tuberín s vyšším obsahom leucínu (13 %). Obsah hrubého proteínu kolíše od 1,6 do 2,9 %. V sušine je to od 5,8 do

11,8 %. Z hodnoty hrubého proteínu tvoria čisté bielkoviny asi 50 – 70 % a obsah esenciálnych aminokyselín sa v bielkovine pohybuje okolo 40 % všetkých aminokyselín (Kourek et al., 1996). Z voľných aminokyselín bolo v zemiakoch identifikovaných 21. Amidickú zložku tvorí asparagín a glutamín. Obidva amidy majú veľký význam v metabolizme dusíka hľuzy (Šmálik, 1987).

Bielkoviny zemiakovej hľuzy obsahujú vysoké množstvá esenciálnych aminokyselín – lyzín, leucín, treonín, fenylalanín a valín (tabuľka 1). Ako limitujúce sú v bielkovinách hľúz uvádzané sírne aminokyseliny, najmä metionín. Potenciálne limitujúci je izoleucín. (Kapoor et al., 1975; Woolfe, 1987; Bárta, Čurn, 2004). Schulzová, Hajšlová (2007) uvádzajú ako hlavnú aminokyselinu zemiakov asparagín (približne 52 %). Táto aminokyselina je prekurzorom toxického akrylamidu, ktorý vzniká pri niektorých tepelných prípravách zemiakov (smaženie, pečenie). Zastúpenie asparagínu a ďalších voľných aminokyselín (Asp, Glu, Gln) a ich celkový obsah závisí v prvom rade na odrode, významný je i vplyv poveternostných podmienok (variabilita medzi jednotlivými rokmi, teplota, zrážky); rozdiel v obsahu voľných aminokyselín nie je v ekologicky a konvenčne pestovaných zemiakoch významný.

Tabuľka 1 Aminokyselinové zloženie bielkoviny zemiakovej hľuzy v % (USDA, 2009; Vreugdenhil et al., 2007)

aminokyselina	USDA	Vreugdenhil et al.	aminokyselina	USDA	Vreugdenhil et al.
Alanín	0,064	4,62 - 5,32	Lyzín	0,126	6,70 - 10,1
Arginín	0,095	4,74 - 5,70	Metionín	0,033	1,20 - 2,15
Kyselina asparágová	0,506	11,9 - 13,9	Fenylalanín	0,092	4,80 - 6,53
Cysteín	0,026* cystín	0,20 - 1,25	Prolín	0,074	4,70 - 4,83
Kyselina glutámová	0,347	10,2 - 11,8	Serín	0,090	4,90 - 5,92
Glycín	0,062	4,30 - 6,05	Treonín	0,075	4,60 - 6,50
Histidín	0,045	2,10 - 2,50	Tryptofán	0,032	0,30 - 1,85
Izoleucín	0,084	3,73 - 5,80	Tyrozín	0,077	4,50 - 5,68
Leucín	0,124	9,70 - 10,3	Valín	0,117	4,88 - 7,40

MATERIÁL A METÓDY

Cieľom práce bolo posúdiť na základe kumulácie kadmia v zemiakových hľuzách jeho vplyv na tvorbu bielkovín a kumuláciu v bielkovinách zemiakov.

Porovnávali sme zemiaky dopestované v modelových podmienkach vegetačných nádobových pokusov (VNP) so stupňovanou metalickou záťažou pôdy kadmium so zemiakmi dopestovanými v prirodzených podmienkach nekontaminovaných pôd (Podunajská nížina, lokalita Imeľ – Stará zem).

Odrody zemiakov:

veľmi skoré: Junior (VNP), Adora, Vivaldi (Imeľ),

skoré: Livera (VNP, Imeľ), Courage (Imeľ),
stredne skoré: Agria (VNP), Victoria (Imeľ),
stredne neskoré – neskoré: Asterix (VNP).

Pôda:

Pôdu použitú vo VNP, odobratú z lokality Výčapy-Opatovce, možno charakterizovať ako stredne ťažkú, piesočnato-hlinitú, silno kyslú, so strednou zásobou humusu, veľmi nízkym obsahom P, dobrým obsahom K a Mg, relatívne čistú z hľadiska obsahu prístupných foriem rizikových prvkov (tabuľka 2).

Tabuľka 2 Charakteristika zeminy použitej vo vegetačných nádobových pokusoch

agrochemická charakteristika				obsah živín (mg.kg ⁻¹)			
pH/H ₂ O	pH/KCl	C _{ox} (%)	humus (%)	P	K	Ca	Mg
5,98	4,63	1,527	2,633	19,86	215,5	1459,5	265,0
obsah Cd (mg.kg ⁻¹) v pôde stanovený v rôznych extrakčných činidlách							
Lúčavka kráľovská			HNO ₃		NH ₄ NO ₃		
0,9			0,22		0,027		
<i>Limitná hodnota *</i>			<i>Referenčná hodnota A₁**</i>		<i>Kritická hodnota *</i>		
0,4			0,3		0,1		

Vysvetlivky: *Zákon č. 220/2004 Z.z. Kritériá pre identifikáciu rizikových oblastí kontaminácie pôd a metodické postupy ich hodnotenia. **Rozhodnutie MP SR o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určených organizáciách oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok č. 531/1994-540.

Pozemok Stará zem, z ktorého boli odobraté vzorky z 30 odberných miest (obrázok 1), má rozlohu 62,5 ha a nachádza sa na katastrálnom území obce Imeľ, medzi tokmi riek Nitra a Žitava, v pôdno-ekologickej oblasti Podunajskej nížiny. Táto oblasť je charakteristická regionálnym znečistením ovzdušia bez veľkých a stredných emisných lokálnych zdrojov. Ku kontaminácii pôd dochádzalo najmä v období transformácie, keď boli aplikované vysoké dávky priemyselných hnojív a pesticídov (Musilová et al., 2006).

Bonitovaná pôdno-ekologická jednotka tohto pozemku je 0040001, pôdny typ: černozem čiernicová – karbonátová, pôdny druh: ľahká – piesočnatá.

Obsah živín, stanovený v odobratých pôdnych vzorkách sa pohybuje v rozmedzí 1050 – 5250 mg.kg⁻¹ N, 45,1 – 636,4 mg.kg⁻¹ P, 146,5 – 647,5 mg.kg⁻¹ K, 19,5 – 198,0 mg.kg⁻¹ Mg. Z uvedených výsledkov vyplýva, že ide o pôdu s nízkym až veľmi vysokým obsahom fosforu, veľmi nízkym až dobrým obsahom horčíka a stredným až veľmi vysokým obsahom draslíka (Bielek, 1996).

Napriek tomu že až v 47 % vzoriek pôdy bol obsah Cd, stanovený v pôdnom extrakte lúčavkou kráľovskou, vyšší ako limitná hodnota určená Zákonom 220/2004 a viac ako 53 % odberových miest vykazovalo vyššie obsahy Cd, ako bola limitná hodnota A₁ určená Rozhodnutím MP SR č. 531/1994-540 zodpovedajúca požadovanej (fónovej) koncentrácii daného rizikového prvku v pôde, zvýšené obsahy Cd pre rastliny predstavujú menšie riziko, ako prítomnosť mobilných foriem kadmia v pôde. Uvedené formy Cd sú pre rastliny aktuálne neprístupné, ich bioprístupnosť však môže byť ovplyvnená zmenou pôdnych vlastností (Vollmannová et al., 2002).

Z pohľadu obsahu mobilných foriem Cd možno pôdu charakterizovať ako nekontaminovanú, ani na jednom odbernom mieste obsah Cd neprekročil kritickú hodnotu pre Cd (0,1 mg.kg⁻¹ pôdy), stanovenú Zákonom 220/2004. Ani

stanovený podlimitný obsah Cd a ďalších ťažkých kovov v pôde však nezaručuje, že rastliny na tejto pôde pestované, budú vždy obsahovať ich tolerovateľné množstvo. Preto je z hygienického hľadiska rozhodujúce, či sa tieto prvky kumulujú v častiach využívaných ku konzumácii (Zrůst, 2003).

Vegetačné nádobové pokusy

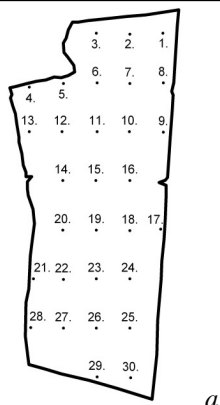
V modelových podmienkach vegetačných nádobových pokusov sme sledovali mieru kumulácie kadmia v ľuľku zemiakovom v závislosti od miery kontaminácie pôdy týmto prvkom. Kadmium bolo aplikované vo forme roztokov vodorozpusnej soli CdCl₂·2,5H₂O v množstve 0 – 3 – 5 – 10 mg.kg⁻¹ pôdy vo variantoch 1 – 4.

Do nádob sme navažovali 25 kg zmesi zeminy a piesku v pomere 21:4. V každom variante sme použili 4 odrody zemiakov; do nádob sme vysádzali po 3 hľuzy, pre všetky odrody boli 4 opakovania. Po založení pokusu aj počas celej vegetácie boli nádoby so zemiakmi zalievané na 70 % vodnú kapacitu. Vlhkosť pôdy sme stanovovali pomocou vlhkomera WET Senzor, typ WET 1.

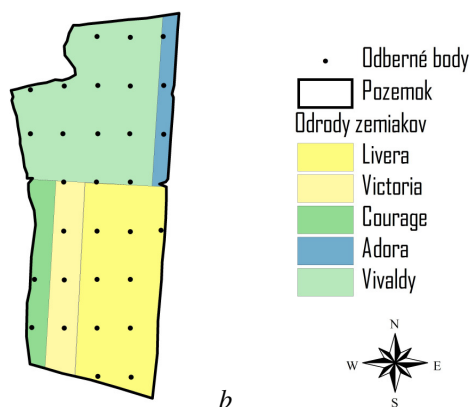
Imeľ

Určenie odberných miest pre pôdu i rastlinu sme získali pomocou navigačného zariadenia GPS MAP 60 Cx GARMIN (GPS), rozmiestnenie jednotlivých odrôd je znázornené na obrázku 2 (Musilová et al., 2009). Vzorky pôdy z lokality Imeľ boli odobraté v pôdnom horizonte 0 – 0,2 m podľa záväznej metodiky pomocou pedologickej vrtnej sondy GeoSampler fy. Fisher.

Zemiaky boli, rovnako ako v prípade VNP, zberané v konzumnej zrelosti.



Obrázok 1 Odborné miesta zemiakov (Imeľ – Stará zem)



Obrázok 2 Odrody zemiakov (Imeľ – Stará zem)

Analytické metódy

Stanovenie pôdnej reakcie, obsahu prístupných živín a kadmia v pôde

- agrochemická charakteristika pôdy (aktívna pôdna reakcia pH/H₂O, výmenná pôdna reakcia pH/KCl, C_{ox} (%) – oxidimetricky metódou podľa Ľurina a % humusu – prepočtom % C_{ox});
- obsahy živín (P, K, Ca, Mg) – stanovené metódou podľa Mehlicha (Mehlich II);
- pseudototálne obsahy Cd – stanovené vo výluhu lúčavkou kráľovskou (**Zákon 220/2004**);
- obsahy potenciálne mobilizovateľných foriem Cd (**Rozhodnutie MP SR 531/1994-540**) – stanovené vo výluhu HNO₃ (c = 2 mol.dm⁻³);
- obsahy mobilných foriem Cd (**Zákon 220/2004** – kritické hodnoty vo vzťahu pôda – rastlina) – stanovené v pôdnom extrakte NH₄NO₃ (c = 1 mol.dm⁻³);
- analytickou metódou stanovenia obsahov makroelementov a rizikových kovov bola plameňová atómová absorpčná spektrometria (AAS Varian AA Spectr DUO 240FS/240Z/UltrAA). Výsledky boli vyhodnotené v zmysle príslušných legislatívnych predpisov.

Stanovenie obsahu kadmia v konzumných častiach ľuľka zemiakového

- Zemiaky boli zberané v štádiu konzumnej zrelosti. Obsahy kadmia sme stanovili po zhomogenizovaní vzoriek a nasledujúcej mineralizácii mokrým spôsobom

metódou AAS (AAS Varian AA Spectr DUO 240FS/240Z/UltrAA).

Izolácia bielkovinových frakcií, ich analýza na obsah kadmia

- Frakcie obsahujúce bielkoviny sme získali postupnou extrakciou delipidovanej vzorky za použitia rôznych extrakčných činidiel;
- extrakciou vzorky v destilovanej vode a následnou filtráciou sme získali nerozpustný podiel Z1 a filtrát F1, z ktorého sme po pridaní Pb(NO₃)₂ filtráciou oddelili zrazeninu obsahujúcu albumíny a časť globulínov;
- z nerozpustného podielu Z1 sme po extrakcii NaCl (c = 1 mol.dm⁻³) získali filtrát F2 a zvyšok Z2, ktorý sme odložili na ďalšie spracovanie; vo filtráte F2 sme v ňom vyextrahované globulíny vyzrážali tanínom, oddelili od supernatantu extrakciou a kvantitatívne preniesli na filter s albumínmi a globulínmi;
- po extrakcii zvyšku Z2 etanolom, vytrepání a vákuovej filtrácii sme získali zvyšok Z3, ktorý sme odložili na ďalšiu extrakciu, a filtrát F3, v ktorom sme tanínom vyzrážali gliadíny; veľmi malé množstvo koloidnej zrazeniny sme odcentrifugovali a kvantitatívne preniesli na filter s albumínmi a globulínmi;
- zvyšok Z3 sme extrahovali NaOH (c = 0,05 mol.dm⁻³) a vákuovo odfiltrovali cez vopred odvážený filtračný papier;
- bielkovinovú frakciu sme vo filtráte F4 vyzrážali nasýteným roztokom tanínu a po centrifugácii kvantitatívne preniesli na filter s albumínmi, globulínmi a gliadínmi.

Jednotlivé frakcie boli separované modifikovanou metódou podľa Osborne (**Michalík, 1982**), obsahy rizikových prvkov boli po mineralizácii stanovené metódou AAS (AAS Varian AA Spectr DUO 240FS/240Z/UltrAA).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rovnako, ako ďalšie charakteristické vlastnosti zemiakov (obsah škrobu, vitamínu C, polyfenolových zlúčenín, atď.), i obsah bielkovín je odrodovou záležitosťou. Významný vplyv dusíkatých hnojív, ale i vplyv odrody, pestovateľskej lokality a ročníka na obsah bielkovín v hľuzách zemiakov potvrdzuje vo svojich výsledkoch **Bárta et al. (2000)**, zvýšený obsah bielkovín, škrobu, vitamínu C a súčasne znížený obsah glykoalkaloidov v zemiakových hľuzách dosiahol **Plaza et al. (2004)** organickým hnojením. V zemiakoch dopestovaných v podmienkach vegetačných nádobových pokusov bol obsah bielkovín 2,547±1,52 % (tabuľka 3). Rozdiely v kumulácii Cd v zemiakových hľuzách rôznych odrôd sú štatisticky preukazné. Rovnaké výsledky uvádza i **Rop et al. (2009)**. Medzi jednotlivými odrodami bol štatisticky preukazný rozdiel v obsahu bielkovín nielen v kontrolných variantoch, ale i vo variantoch so zvýšenými obsahmi Cd v zemiakových hľuzách (tabuľka 4). Odrody vykazovali i štatisticky významný rozdiel v miere kumulácie rizikových ťažkých kovov v bielkovinovej frakcii, kde iba pri najvyšších aplikovaných dávkach Cd do pôdy (4. variant) boli rozdiely v kumulácii týchto prvkov štatisticky nevýznamné (tabuľka 5).

potravinárstvo

Tabuľka 3 Obsah Cd v zemiakoch ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), vo frakcii bielkovín v 1 kg ČH ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) a obsah bielkovín (%) v zemiakoch z VNP so stupňujúcou sa kontamináciou pôdy kadmium

odroda	var.	Cd v ČH	Cd v bielkovinách	% bielkovín	var.	Cd v ČH	Cd v bielkovinách	% bielkovín
Junior	1	0,211	0,040	1,460	3	0,572	0,117	1,334
Livera		0,133	0,030	2,657		0,624	0,060	1,302
Agria		0,121	0,045	1,365		0,538	0,075	2,115
Asterix		0,111	0,026	2,519		0,527	0,112	1,891
Junior	2	0,482	0,061	3,676	4	0,715	0,126	2,098
Livera		0,472	0,047	2,588		0,706	0,068	2,516
Agria		0,398	0,056	2,751		0,685	0,107	2,517
Asterix		0,388	0,085	1,027		0,634	0,142	4,066

PK SR: 0,1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ČH

Tabuľka 4 Štatistické ukazovatele sledovaných odrôd zemiakov: obsah Cd v čerstvej hmote zemiakových hlúz ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) – obsah bielkovín (%)

ANOVA Table for *hmot_B* by *odroda*

variant	Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
1	Between groups	12,5554	3	4,18513	73,96	0,0000
	Within groups	0,67902	12	0,056585		
	Total (Corr.)	13,2344	15			
2	Between groups	32,622	3	10,874	77,35	0,0000
	Within groups	1,68695	12	0,140579		
	Total (Corr.)	34,309	15			
3	Between groups	4,44818	3	1,48273	31,54	0,0000
	Within groups	0,564156	12	0,047013		
	Total (Corr.)	5,01234	15			
4	Between groups	20,3145	3	6,77149	58,01	0,0000
	Within groups	1,4007	12	0,116725		
	Total (Corr.)	21,7152	15			

Multiple Range Tests for *hmot_B* by *odroda*, Method: 95,0 percent LSD

Odroda	var.	Count	Mean	Homogeneous Groups	odroda	var.	Count	Mean	Homogeneous Groups
Junior	1	4	2,19025	X	Livera	3	4	1,9535	X
Livera		4	3,985	X	Junior		4	2,0015	X
Agria		4	2,0475	X	Asterix		4	2,83708	X
Asterix		4	3,77825	X	Agria		4	3,172	X
Asterix	2	4	1,53975	X	Junior	4	4	3,147	X
Livera		4	3,8815	X	Livera		4	3,774	X
Agria		4	4,126	X	Agria		4	3,77468	X
Junior		4	5,51425	X	Asterix		4	6,09933	X

Contrast	var.	Sig.	Difference	+/- Limits	var.	Sig.	Difference	+/- Limits
Agria - Asterix	1	*	-1,73075	0,366485	3	*	0,334925	0,334053
Agria - Junior				0,366485		*	1,1705	0,334053
Agria - Livera		*	-1,9375	0,366485		*	1,2185	0,334053
Asterix - Junior		*	1,588	0,366485		*	0,835575	0,334053
Asterix - Livera				0,366485		*	0,883575	0,334053
Junior - Livera		*	-1,79475	0,366485			0,048	0,334053
Agria - Asterix	2	*	2,58625	0,577653	4	*	-2,32465	0,526366
Agria - Junior		*	-1,38825	0,577653		*	0,627675	0,526366
Agria - Livera				0,577653			0,000675	0,526366
Asterix - Junior		*	-3,9745	0,577653		*	2,95233	0,526366
Asterix - Livera		*	-2,34175	0,577653		*	2,32533	0,526366
Junior - Livera		*	1,63275	0,577653		*	-0,627	0,526366

* denotes a statistically significant difference

potravinárstvo

Tabuľka 5 Štatistické ukazovatele sledovaných odrôd zemiakov: obsah Cd v čerstvej hmote zemiakových hl'úz (mg.kg⁻¹) – obsah Cd v bielkovinách (mg.kg⁻¹), ANOVA Table for hmot_B by odroda

variant	Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
1	Between groups	0,00364838	3	0,00121613	7,40	0,0046
	Within groups	0,00197078	12	0,000164232		
	Total (Corr.)	0,00561916	15			
2	Between groups	0,0126925	3	0,00423084	15,64	0,0002
	Within groups	0,0032452	12	0,000270434		
	Total (Corr.)	0,0159377	15			
3	Between groups	0,0378827	3	0,0126276	5,90	0,0103
	Within groups	0,0257026	12	0,00214188		
	Total (Corr.)	0,0635853	15			
4	Between groups	0,0491918	3	0,0163973	1,68	0,2237
	Within groups	0,117035	12	0,00975292		
	Total (Corr.)	0,166227	15			

Multiple Range Tests for hmot_B by odroda, Method: 95,0 percent LSD

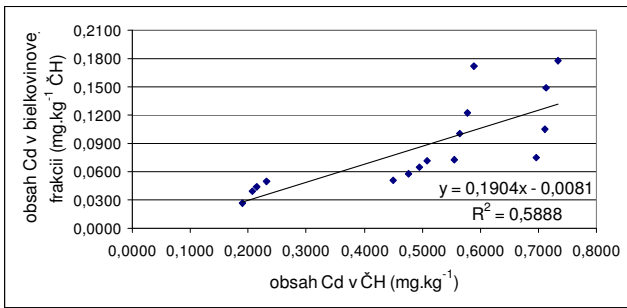
odroda	var.	Count	Mean	Homogeneous Groups	odroda	var.	Count	Mean	Homogeneous Groups
Asterix	1	4	0,05155	X	Livera	3	4	0,1189	X
Livera		4	0,06045	XX	Agria		4	0,14925	X
Junior		4	0,080091	XX	Asterix		4	0,223275	X
Agria		4	0,089475	X	Junior		4	0,2341	X
Livera	2	4	0,093775	X					
Agria		4	0,112375	XX					
Junior		4	0,1218	X					
Asterix		4	0,17005	X					

Contrast	var.	Sig.	Difference	+/- Limits	var.	Sig.	Difference	+/- Limits	
Agria - Asterix	1	*	0,037925	0,019744	3	*	-0,074025	0,0713023	
Agria - Junior				0,00938405		0,019744	*	-0,08485	0,0713023
Agria - Livera		*	0,029025	0,019744				0,03035	0,0713023
Asterix - Junior		*	-0,028541	0,019744				-0,010825	0,0713023
Asterix - Livera				-0,0089		0,019744	*	0,104375	0,0713023
Junior - Livera				0,019641		0,019744	*	0,1152	0,0713023
Agria - Asterix		2	*	-0,057675		0,0253359			
Agria - Junior				-0,009425	0,0253359				
Agria - Livera				0,0186	0,0253359				
Asterix - Junior	*		0,04825	0,0253359					
Asterix - Livera	*		0,076275	0,0253359					
Junior - Livera	*		0,028025	0,0253359					

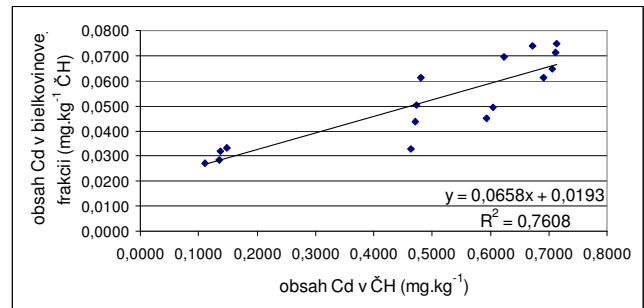
* denotes a statistically significant difference

Vo všetkých prípadoch je hodnota P-value < α (0,05), taktiež hodnota Signifikantné F (Junior 5,21.10⁻⁴, Livera 1,056.10⁻⁵, prípadoch vhodná na vysvetlenie závislosti (graf 1 – 4).

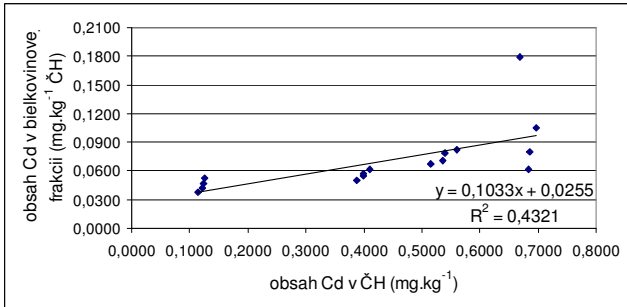
Agria 5,659.10⁻³, Asterix 4,543.10⁻⁵) < ako hladina významnosti α. Zvolená regresná priamka je vo všetkých



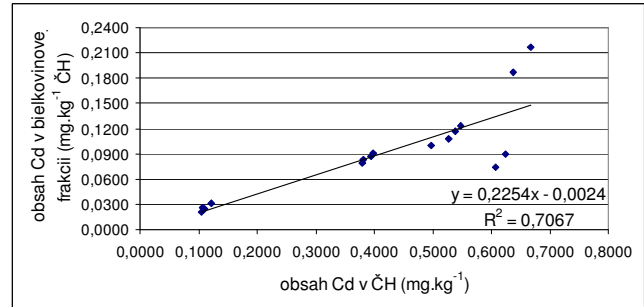
Graf 1 Štatistická závislosť obsahu kadmia v bielkovinovej frakcii od množstva kumulovaného Cd v ČH (Junior)



Graf 2 Štatistická závislosť obsahu kadmia v bielkovinovej frakcii od množstva kumulovaného Cd v ČH (Livera)



Graf 3 Štatistická závislosť obsahu kadmia v bielkovinovej frakcii od množstva kumulovaného Cd v ČH (Agria)



Graf 4 Štatistická závislosť obsahu kadmia v bielkovinovej frakcii od množstva kumulovaného Cd v ČH (Asterix)

Obsah bielkovín v zemiakoch dosahuje hodnotu asi 2 %, pričom svojou kvalitou sa zemiaková bielkovina približuje vaječnej bielkovine a z biologického hľadiska je jednou z najhodnotnejších bielkovín rastlinného pôvodu (Franchák, 2002). Po sójových produktoch zaujímajú zemiakové bielkoviny druhé najvýznamnejšie miesto medzi bielkovinami rastlinného pôvodu (Houba et al., 2007).

Priemerné obsahy bielkovín v zemiakoch pestovaných v poľných podmienkach (lokality Imeľ) sa nelíšia od obsahov bielkovín v kontrolných variantoch jednotlivých odrôd z vegetačných nádobových pokusov. Obsah bielkovín v zemiakoch bol v rozmedzí od 1,062 % (odroda Victoria) do 2,232 % (odroda Livera) (tabuľka 6).

Tabuľka 6 Obsah Cd v zemiakoch (mg.kg⁻¹), vo frakcii bielkovín v 1 kg ČH (μg.kg⁻¹) a obsah bielkovín (%) v zemiakoch z lokality Imeľ – Stará zem

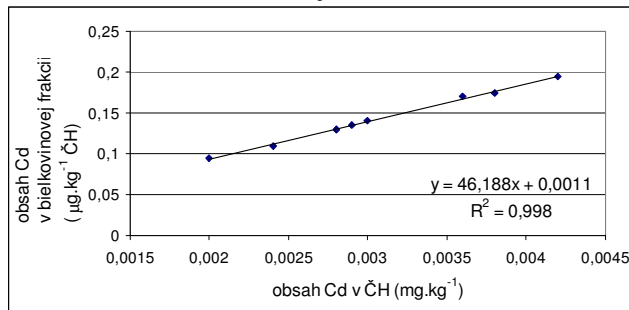
o. m.	odroda	Cd		%	o. m.	odroda	Cd		%
		v ČH	v bielkovinách				v ČH	v bielkovinách	
1	Adora	0,0018	0,105	1,493	16	Vivaldi	0,0029	0,135	1,366
2	Vivaldi	0,0021	1,320	1,320	17	Livera	0,0028	0,130	1,129
3	Vivaldi	0,0021	1,186	1,186	18	Livera	0,0030	0,140	1,098
4	Vivaldi	0,0027	1,144	1,144	19	Livera	0,0020	0,095	1,470
5	Vivaldi	0,0021	1,267	1,267	20	Victoria	0,0024	0,125	1,180
6	Vivaldi	0,0026	1,365	1,365	21	Courage	0,0016	0,070	1,280
7	Vivaldi	0,0028	1,994	1,994	22	Victoria	0,0019	0,100	1,310
8	Adora	0,0024	1,602	1,602	23	Livera	0,0038	0,175	1,222
9	Adora	0,0019	1,372	1,372	24	Livera	0,0029	0,135	1,205
10	Vivaldi	0,0035	1,364	1,364	25	Livera	0,0024	0,110	1,155
11	Vivaldi	0,0036	1,661	1,661	26	Livera	0,0028	0,130	1,140
12	Vivaldi	0,0029	1,928	1,928	27	Victoria	0,0017	0,075	1,062
13	Vivaldi	0,0029	1,130	1,130	28	Courage	0,0018	0,085	1,168
14	Victoria	0,0024	1,208	1,208	29	Livera	0,0042	0,195	1,190
15	Vivaldi	0,0026	1,306	1,306	30	Livera	0,0036	0,170	2,232

Najnižšie priemerné obsahy bielkovín boli stanovené v odrode Victoria a zvyšovali sa v poradí: Victoria (1,190) Obsahy Cd v bielkovinách zemiakov z lokality Imeľ boli v porovnaní s obsahmi Cd v bielkovinovej frakcii zemiakov z VNP rádovo nižšie, čo zodpovedá i výrazne nižším obsahom Cd v hlúčach zemiakov z tejto lokality.

%) < Courage (1,224 %) < Livera (1,316 %) < Vivaldi (1,419 %) < Adora (1,489 %).

Najnižšie obsahy Cd v bielkovinách boli stanovené v odrode Courage (φ 0,0775 μg.kg⁻¹ ČH) a najvyššie v odrode Vivaldi (φ 1,317 μg.kg⁻¹ ČH).

Napriek tomu, že v zemiakoch obsahy Cd neprekročili hygienické limity dané PK SR, potvrdila sa štatisticky preukazná závislosť medzi obsahmi tohto rizikového kovu v čerstvej hmote a v bielkovinovej frakcii zemiakov v odrode Livera (Cd: R = 0,999; P-value = 9,55.10⁻¹¹) (graf 5). Obsahy Cd v ČH ostatných odrôd nemali štatisticky preukazný vplyv na obsah bielkovín ani na kumuláciu Cd v bielkovinovej frakcii.



Graf 5 Štatistická závislosť obsahu kadmia v bielkovinovej frakcii od množstva kumulovaného Cd v ČH (Livera)

V odolnosti rastlín voči pôsobeniu ťažkých kovov existujú veľké rozdiely nielen medzi druhmi, ale i vo vnútri toho istého druhu. Jednou z účinných aklimačných reakcií je tvorba špecifických zlúčenín – fytochelátinov (polypeptidy štruktúrne príbuzné glutationu – vznikajú spojením 2 – 8 molekúl kyseliny γ -Glu a Cys s 1 molekulou Gly) – schopných inaktivovať ťažké kovy väzbou do chelátových komplexov (Procházka et al., 1998).

ZÁVER

V modelových podmienkach stupňovanej metalickej záťaže pôdy kadmium sa potvrdila nielen silná pozitívna závislosť medzi aplikovaným množstvom ťažkého kovu a jeho kumuláciou v zemiakovej hlúze, ale i medzi obsahom Cd v hlúzach zemiakov a obsahom bielkovín. Zvyšujúce sa obsahy Cd v čerstvej hmote boli v pozitívnej korelácii s obsahmi Cd v bielkovinách.

V prirodzených podmienkach nekontaminovaných pôd nepredstavuje obsah kadmia pre rast a vývoj zemiakových hlúz riziko. Tento fakt potvrdzujú vo svojich prácach mnohí autori, ako aj naše výsledky získané analýzou zemiakov pestovaných v lokalite Imeľ. Napriek zvýšeným obsahom kadmia v pôde sa tieto nepremietli do ich zvýšenej kumulácie hlúzami zemiakov. Potvrdilo sa, že pri vyššom obsahu rizikových obsahov v pôde, než sú ich limitné hodnoty, nemusí vždy dochádzať k ich transferu do pestovaných plodín, avšak ani ich stanovený podlimitný obsah v pôde nezaručuje, že rastliny pestované na tejto pôde budú vždy obsahovať ich tolerovateľné množstvo. Štatisticky preukazná závislosť medzi obsahmi Cd v čerstvej hmote a bielkovinovej frakcii zemiakov pestovaných v lokalite Imeľ sa prejavila iba v odrode Livera. V ostatných odrodách sa obsah kadmia nepremietol do jeho kumulácie bielkovinami. Rovnako sa nepotvrdila závislosť medzi obsahmi Cd a obsahmi bielkovín v zemiakoch.

LITERATÚRA

- BÁRTA, J., DIVIŠ, J., ČURN, V. 2000. Dusíkaté látky bramborových hlíz a jejich ovlivnění dusíkatým hnojivem. In Bramborářství, vol.VIII, 2000, no 2, p. 11-12. ISSN 1211-2429.
- BÁRTA, J., ČURN, V. 2004. Bílkoviny hlíz bramboru (*Solanum tuberosum* L.) – klasifikace, charakteristika, význam. In Chemické listy, 98, 2004, p. 373-378. ISSN 1213-7103.
- BIELEK, P. 1996. Ochrana pôdy. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe. VÚPÚ : Bratislava, 1996. ISBN 80-85361-21-3.
- DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. 1983. Chemie potravin. Vyd. SNTL Alfa, Praha. 632 p.
- FRANČÁK, J. 2002. Mechanizácia pestovania, zberu a pozberového spracovania zemiakov. Vyd. ÚVTIP Nitra, 2002. 103. p. ISBN 80-89088-09-0.
- HOUBA, M. 2007. Poznejte pestujte používajte brambory. Vydala firma Europlant šlechtitelská spol. s r. o. Praha. 150 s. ISBN 978-80-239-9419-3.
- KAPOOR, A. C., DESBOROUGH, S. L., LI, P. H. 1975. Potato tuber proteins and their nutritional quality. In Potato Research, vol. 18, 1975, no. 3, p. 469-478. ISSN 1871-4528.
- KOUREK, R., KOUTNÍK, V., KRAČMAR, S. 1996. Vliv půdní aplikace selenu na spektrum aminokyselin u bramborových hlíz. In Bramborářství, vol. IV, 1996, no. 5, p. 8-10. ISSN 1211-2429.
- MICHALÍK, I. 1982. Návod na cvičenia z biochémie a fyziológie rastlín. VŠP : Nitra, 2. neprepracované vydanie. 1982, 164 p.
- MUSILOVÁ, J., TREBICHALSKÝ, P., BAJČAN, D. 2006. Pôdne obsahy ťažkých kovov v regiónoch Podunajskej nížiny s lokálnym znečistením. In Environmentálne inžinierstvo, Vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou, Košice 12. – 13. september 2006. ISBN 80-8073-607-3.
- MUSILOVÁ, J., TÓTH, T., ÁRVAY, J. 2009. Contents of Heavy Metals in Different Saccharides Fractions of Potato Tubers. In Czech J. Food Sci., vol. 27, 2009, Special Issue, p. 382-385. ISSN 1212-1800.
- FOOD CODEX OF THE SLOVAK REPUBLIC, Výnos MPSR a MZSR č. 608/3/2004-100, príloha č.1 k desiatej hlave druhej časti PKSR
- PLAZA, A., CEGLAREK, F., BURACZYNSKA, D. 2004. Tuber yield and quality of potato fertilised with intercrop companion crops and straw. In Electronic Journal of Polish Agricultural University, vol. 7, 2004, No. 1, 10 pp. ISSN 1505-0297.
- PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J., GLOSER, J. HAVEL, L., NÁTR, L., PRÁŠIL, S., SLADKÝ, Z., ŠANTRÚČEK, J., TESAŘOVÁ, M., VYSKUT, B. Fyziologie rostlin. Academia. 1998. p. 422-427. ISBN 80-200-0586-2.
- ROP, O., VALÁŠEK, P., KRAMÁŘOVÁ, D., JURÍKOVÁ, T. 2009. Distribution of toxic elements in potato plants. In Potravinárstvo, vol.3, 2009, no. 1, p. 43-45. ISSN 13337-0960
- ROZHODNUTIE MP SR o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok č. 531/1994-540.
- SCHULZOVÁ, V., HAJŠLOVÁ, J. 2007. Kvalita ekologicky a konvenčne pestovaných brambor. In Ekologické zemědělství 2007. Sborník z Mezinárodní vědecké konference u příležitosti 15 let ekologického

zemědělství v České republice, Praha, 6.-7.2.2007, p. 137-139.

ŠMÁLIK, M. 1987. Zemiaky. Vyd. Příroda, Bratislava. 1987, 304 p.

United States Department of Agricultural, National Nutrient Database for Standard Reference, 2009

VELÍŠEK, J. 2002. Chemie potravin I. Vyd. OSSIS – Tábor. 344 p. ISBN 80-86659-00-3.

VOLLMANNOVÁ, A., LAHUČKÝ, L., TOMÁŠ, J., HEGEDŮSOVÁ, 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.

VREUGDENHIL, D., BRADSHAW, J., GEBHARDT, CH., GOVERS, F., MACKERRON, D. K. L., TAYLOR, M. A., ROS, H. A. 2007. Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives. 857 p. ISBN-13: 978-0-444-51018-1.

WOOLFE, J. A. 1987. The Potato in the Human Diet. Cambridge University Press, Cambridge. 1987, 231 pp.

ZÁKON č. 220/2004 Z.z. Kritériá pre identifikáciu rizikových oblastí kontaminácie pôd a metodické postupy ich hodnotenia.

ZRŮST, J. 2003. Riziko pěstování brambor v půdách kontaminovaných těžkými kovy. Vydal Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí, Praha, 36 p.

Contact address: Doc. Ing. Janette Musilová, PhD. Department of Chemistry, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra. Tel.: 037 6414606, e-mail: janette.musilova@uniag.sk

Ing. Judita Bystrická, PhD. Department of Chemistry, Faculty of Biotechnology and Food Sciences, Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra. Tel.: 037 6414353, e-mail: judita.bystricka@centrum.sk