

INFLUENCE OF SELENIUM APPLICATION ON YIELD OF POTATOES (*Solanum tuberosum*) AND ITS CONTENT IN TUBERS AFTER HEAT TREATMENT

VLIV APLIKACE SELENU NA VÝNOS BRAMBOR A JEHO KONCENTRACI V HLÍZÁCH PO TEPELNÉ ÚPRAVĚ

Ježek P., Hlušek J., Lošák T.

Department of Agrochemistry, Soil Science, Microbiology and Plant Nutrition, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Zemědělská 1, 613 00, Brno, Czech Republic.

E-mail: ingredience@seznam.cz, hlusek@mendelu.cz, losak@mendelu.cz

ABSTRACT

In small-plot experiment with potatoes was explored the effect of foliar applications of Se (200 and 400 g Se.ha⁻¹) and applications of Se into the soil on tuber yields, the Se concentration in dried tubers and boiled tubers and in chips and effect of Se applications on concentration of semiessential amino acids arginin and histidin in dried tubers. Varieties Ditta and Karin were used in the experiment and selenium was applied in the form of sodium selenite (Na₂SeO₃). 5 treatments were used in the experiment: (1) control; (2) 12 kg Se.ha⁻¹; (3) 24 kg Se.ha⁻¹; (4) 200 g Se.ha⁻¹; (5) 400 g Se.ha⁻¹. The total yields of tubers per ha were the highest in the control treatments. The variety Ditta produced higher yields. The average content of Se increased with the applied dose as compared to the control. The effect of Se applications on amino acids concentration in tubers was only in the case of His. The concentration of Arg and His was the sign of the variety.

Key words: selenium, application, potatoes, yield, quality, amino acids

Acknowledgments: This study was elaborated as a part of the research order NAZV No. 1G46058 “Strengthening the competitiveness of potato growers through production of tubers with a higher consumer quality”.

ÚVOD

V poslední době se stále více sleduje kvalita potravin vzhledem k obsahu různě prospěšných látek lidskému zdraví. Tyto látky mají ochranné, terapeutické či jinak zdraví podporující účinky a v přírodě se nachází v různých zdrojích a množstvích. Mezi tyto látky souhrnně označované jako antioxidanty patří společně s kyselinou askorbovou, karotenoidy, tokoferoly a flavonoidy také prvek selen (Se).

Se zaujímá mezi minerály své speciální místo velice kontroverzního stopového prvku. To vyplývá z jeho úzkého vztahu mezi jeho esencialitou a toxicitou pro lidský organismus na jedné straně a globálním nedostatkem tohoto prvku na straně druhé (Surai, 2006). Místem vstupu Se do potravního řetězce je půda, v níž se obsah Se pohybuje v závislosti na půdním typu a geografických podmínkách mezi 0,25 až 0,37 ppm (Kabata-Pendias et al., 2000). V půdě se Se nachází v různých oxidačních stupních – selenid (Se^{2-}), selenit (SeO_3^{2-}) a selenát (SeO_4^{2-}) (Marschner, 1995), přičemž rostliny přednostně přijímají selenáty před selenity. Kromě toho může rostlina přijímat Se ve formě aminokyselin jako selenomethionin (Hlušek et al., 2005). Příjem Se rostlinou ovlivňuje půdní reakce, přičemž se stoupajícím pH dochází ke značnému snížení příjmu selenitu i selenátu. Pozitivní vliv na příjem Se má zvýšený obsah organické hmoty, sesquioxidy a jílové minerály (Øgaard et al., 2006).

V rostlinách byl Se identifikován v celé řadě sloučenin jako selenát, selenit, selenocystein, selenomethionin, selenomethylselenocystein atd. (Whanger, 2002). Největší množství Se v rostlinách je navázáno ve struktuře selenomethioninu, který obsahuje 50 a více procent Se z jeho obsahu v rostlině (Surai, 2006). Dalším zdrojem Se pro člověka může být maso (zejména rybí), které je na Se bohaté a obsahuje více Se než zelenina a ovoce. Se je však v maso z převážné části ve formě selenocysteinu, který je pro člověka biologicky méně přístupný oproti selenomethioninu v rostlinách (Poggi, 2000).

V lidském těle je Se součástí biologicky aktivních bílkovin. Nejdůležitější z nich je glutathionperoxidasa, která se podílí na ochraně lipoproteinových membrán proti působení toxických sloučenin kyslíku (Surai, 2006) a thioredoxin reduktáza, která se podílí na regeneraci antioxidantního systému a je součástí bílkovin podílejících se na produkci thyroïdního hormonu (Hawkesford, Zhao, 2007). Nedostatek Se negativně ovlivňuje fungování imunitního systému, mužských reprodukčních orgánů, štítné žlázy a také negativně působí na rozvoj astmatu či různých zánětů (Rayman, 2000).

Doporučený denní příjem Se je u dospělých jedinců 0,055 mg na den (Dietary Reference Intakes-DRI, 2000), ve většině zemí EU je však denní příjem Se pod touto úrovní (Matek et al., 2000). Brambory (*Solanum tuberosum*,) jsou rostlinou, ve které lze hnojením zvýšit obsah selenu. Při jejich konzumaci v ČR 80 kg za rok na osobu by mohli být jedním ze způsobů, jak zvýšit obsah Se ve výživě člověka.

Význam brambor jako neopomenutelné součásti jídelníčku člověka vyplývá kromě jiného také z příznivé skladby aminokyselin a hodnoty indexu esenciálních aminokyselin, které se pohybují okolo 83% vaječného standardu (Prugar et al., 2008).

Cílem pokusu bylo posoudit vliv různých způsobů hnojení selenem (půdní, foliární aplikace) na výnos bramborových hlíz a na obsah Se v sušených hlízách, vařených hlízách a

hranolcích a vliv aplikace Se na obsah semiesenciálních aminokyselin arginin a histidin (Arg, His) v hlízách brambor.

MATERIÁL A METODIKA

Maloparcelkový pokus byl založen metodou dělených dílců na pokusné stanici Školního zemědělského podniku MZLU v Žabčicích u Brna, která se nachází v nadmořské výšce 184 m n. m. Průměrná roční teplota lokality za posledních 30 let je 9,2°C a průměrný roční úhrn srážek 483,3 mm. Agrochemické vlastnosti zeminy před založením pokusu ukazují tab. 1.

Přístupné makroelementy (Ca, Mg, K, P) byly v půdě vyluhovány extrakčním činidlem Mehlich III. Obsah Ca, Mg, K byl stanoven metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS), P kolorimetricky. Se byl po extrakci ve 2M HNO₃ stanoven metodou AAS a půdní reakce byla stanovena potenciometricky ve výluhu CaCl₂.

Tab. 1. Výsledky analýz půdy před založením pokusu (Mehlich III)

Druh stanovení	mg.kg ⁻¹ zeminy	Zásoba
Fosfor	87,5	dobrá
Draslík	204,8	dobrá
Hořčík	383,6	velmi vysoká
Vápník	3 399,2	vysoká
Selen (2M HNO ₃)	0,11	-
pH/CaCl ₂	6,07	slabě kyselá

V pokusu byly použity 2 odrůdy brambor raná Karin a poloraná Ditta, na nichž byla testována aplikace Se ve formě seleničitanu sodného (Na₂SeO₃) do půdy a foliárně ve čtyřech úrovních hnojení. Pokus byl porovnáván se Se nehnojenou variantou a byl založen ve čtyřech opakováních. Termín foliární aplikace byl zvolen pro dobu počátku tuberizace. Schéma pokusu uvádí tab. 2.

Tab. 2. Schéma založení pokusu

Varianta	Dávka Se.ha ⁻¹	Způsob aplikace	Termín aplikace
1.	0 - kontrola	-	-
2.	12 kg	do půdy	před založením
3.	24 kg	do půdy	před založením
4.	200 g	foliárně	21.5. 2007
5.	400 g	foliárně (děleně 200 + 200)	1. aplikace 21.5. 2007 2. aplikace 28.5. 2007

Vlastní výsadba pokusu proběhla 3.4. 2007 do sponu 0,75 x 0,25 m. V průběhu vegetace byly aplikovány pesticidy proti plevelům, mandelince bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*) a plísni bramborové (*Phytophthora infestans*).

Odrůda Karin byla sklizena 2.7. 2007 tedy 99. den vegetace a Ditta 9.7. 2007 106. den vegetace. Hlízy byly omyty vodou a oloupany. Část oloupaných hlíz byla nakrájena na plátky a usušena při 60°C. Další část hlíz byla upravena vařením a nakonec část hlíz byla připravena smažením jako hranolky (teplota smažení 190°C). Následovně byly vařené brambory a hranolky usušeny při 60°C a zhomogenizovány na laboratorním mlýnku.

Mineralizace pro stanovení obsahu Se v různě tepelně zpracovaných vzorcích brambor byla provedena směsí HNO₃ a H₂O₂ v mikrovlnném zařízení MILESTONE MLS 1200 MEGA a následně byly vzorky analyzovány atomovým absorpčním spektrometrem UNICAM 939 „SOLAR“ metodou tvorby hydridů pomocí „vapor systém“ UNICAM VP 90.

Aminokyseliny (His, Arg) byly stanoveny po kyselé hydrolyze středotlakou kapalinovou chromatografií pomocí automatického analyzátoru aminokyselin AAA 400.

Výsledky byly statisticky zpracovány v programu STATISTICA 8 metodou vícefaktorová ANOVA s následným testováním dle Tukeye při 95% hladině významnosti.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Při hodnocení vlivu odrůdy a dávky Se na celkový výnos hlíz měly oba faktory statisticky průkazný vliv. Vyššího výnosu dosáhla odrůda Ditta (19,95 t.ha⁻¹) oproti Karin (12,33 t.ha⁻¹). U variant hnojených Se byl zjištěn průkazně nižší výnos u všech variant s aplikací Se do půdy v porovnání s kontrolní variantou a variantami hnojenými foliárně. V případě odrůdy Ditta nebyl při foliární aplikaci pokles výnosu brambor statisticky průkazný.

V případě odrůdy Karin se koncentrace Se v sušených hlízách (tab. 3) pravidelně zvyšovala v závislosti na dávce Se. Při aplikaci Se do půdy (12 a 24 kg Se.ha⁻¹) se jeho obsah v hlízách zvýšil 5,9krát respektive 8,15krát oproti Se nehnojené kontrole. Mezi jednotlivými variantami hnojenými Se do půdy však nebyl statisticky průkazný rozdíl. Podobný trend byl zaznamenán v případě foliární aplikace (200 a 400 g Se.ha⁻¹), kde došlo také k nárůstu obsahu Se v hlízách. V tomto případě se obsah Se zvýšil 2,4krát respektive 5,13krát v případě vyšší foliárně aplikované dávky. Mezi jednotlivými variantami s foliární aplikací také nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly. Při celkovém posouzení vlivu dávek Se na jeho koncentraci v hlízách oproti Se nehnojené kontrole došlo u všech Se hnojených variant ke statisticky průkaznému nárůstu obsahu Se. Pouze v případě 4. varianty nebyla zvýšená koncentrace Se statisticky průkazná.

U odrůdy Ditta měl nárůst obsahu Se v sušených hlízách brambor v podstatě stejný průběh jako v případě sušených hlíz odrůdy Karin. V případě dávek Se do půdy byly nárůsty koncentrace Se v hlízách statisticky průkazné oproti nehnojené kontrole. U foliární aplikace nebyl v případě obou Se hnojených variant odrůdy Ditta nárůst koncentrace Se statisticky prokázán. Podobných závěrů dosáhl Poggi et al. (2000) který popisuje při foliární aplikaci Se (50 a 150 g.ha⁻¹) lineárně se zvyšující jeho obsah v hlízách brambor a Jůzl et al. (2006), který došel k závěru, že obsah Se se zvyšoval se vzrůstající aplikovanou dávkou, přičemž již po aplikaci nejnižší dávky, tedy 100 g Se.ha⁻¹ foliárně, došlo k jeho 2,81násobnému zvýšení koncentrace v hlízách oproti Se nehnojené kontrole.

Závislost mezi koncentrací Se v hlíze a odrůdou nebyla prokázána. Mezi odrůdami v případě jednotlivých variant nebyly prokázány statistické rozdíly.

V experimentu byl dále hodnocen vliv dávek Se na jeho obsah ve vařených hlízách a v hranolcích. Po tepelné úpravě brambor byl zachován podobný trend v nárůstu koncentrace Se v daných výrobcích jako v případě sušených hlíz. Nárůst obsahu Se byl v případě vařených hlíz (tab. 4) ve všech Se hnojených variantách kromě varianty 4 statisticky průkazný.

Tab. 3. Vliv hnojení selenem na jeho obsah v sušených hlízách (mg.kg^{-1} sušiny)

Varianta	Karin			Ditta		
	mg.kg^{-1}	%	σ	mg.kg^{-1}	%	σ
1	0,200 b	100	0,000	0,227 b	100	0,039
2	1,180 acd	590	0,301	1,403 cd	618	0,401
3	1,630 d	815	0,273	1,006 acd	443	0,556
4	0,474 ab	237	0,128	0,654 ab	288	0,142
5	1,025 acd	513	0,439	0,809 abc	356	0,112

*stejná písmena označují neprůkazné rozdíly mezi variantami a odrůdami
 σ – směrodatná odchylka

Tab. 4. Vliv hnojení selenem na jeho obsah ve vařených hlízách (mg.kg^{-1} sušiny)

Varianta	Karin			Ditta		
	mg.kg^{-1}	%	σ	mg.kg^{-1}	%	σ
1	0,200 c	100	0,000	0,200 c	100	0,000
2	1,318 b	659	0,294	0,981 ab	491	0,563
3	1,373 b	687	0,230	0,884 ab	442	0,494
4	0,494 ac	247	0,181	0,552 ac	276	0,129
5	0,841 ab	421	0,121	0,989 ab	495	0,186

*stejná písmena označují neprůkazné rozdíly mezi variantami a odrůdami
 σ – směrodatná odchylka

Také v případě hranolků (tab. 5) byl zaznamenán statisticky průkazný nárůst obsahu Se pod vlivem stoupajících dávek Se do půdy oproti kontrole. V případě foliární aplikace Se byl statisticky průkazný nárůst zaznamenán pouze v případě odrůdy Karin při vyšší dávce Se (400 g Se.ha^{-1}).

Tab. 5. Vliv hnojení selenem na jeho obsah v hranolcích (mg.kg^{-1} sušiny)

Varianta	Karin			Ditta		
	mg.kg^{-1}	%	σ	mg.kg^{-1}	%	σ
1	0,249 a	100	0,060	0,200 a	100	0,000
2	0,945 bc	380	0,044	0,746 b	373	0,111
3	1,154 c	463	0,241	1,167 c	584	0,174
4	0,421 a	169	0,194	0,428 a	214	0,083
5	0,814 b	327	0,047	0,333 a	167	0,059

*stejná písmena označují neprůkazné rozdíly mezi variantami a odrůdami

σ – směrodatná odchylka

Při hodnocení vlivu hnojení Se na obsah AMK argininu (tab. 6) v hlízách nebyl tento vztah statisticky prokázán a nebyl také statisticky prokázán rozdíl v obsahu Arg mezi odrůdami Karin a Ditta.

Tab. 6. Obsah AMK arginin v sušených hlízách (g.kg^{-1} sušiny)

Varianta	Karin			Ditta		
	g.kg^{-1}	%	σ	g.kg^{-1}	%	σ
1	3,091 a	100	0,166	2,320 a	100	0,045
2	2,850 a	92	0,079	2,502 a	108	0,051
3	2,733 a	88	0,124	2,569 a	111	0,070
4	2,795 a	90	0,176	3,335 a	144	1,438
5	2,804 a	91	0,016	2,401 a	103	0,008

*stejná písmena označují neprůkazné rozdíly mezi variantami a odrůdami

σ – směrodatná odchylka

V případě AMK histidinu (tab. 7) došlo při aplikaci Se do půdy ke zvyšování koncentrace této AMK v hlízách odrůdy Ditta, přičemž v případě třetí varianty (24 kg Se.ha^{-1} do půdy) byl tento nárůst koncentrace statisticky průkazný oproti Se nehnojené kontrole. Naopak foliární aplikace způsobila u odrůdy Ditta pokles koncentrace His v hlízách. V případě vyšší foliární dávky Se (400 g Se.ha^{-1}) byl tento pokles statisticky průkazný oproti nehnojené kontrole.

U odrůdy Karin nebyl u půdní aplikace Se zaznamenán průkazný rozdíl v obsahu His v hlízách oproti Se nehnojené kontrole. Foliární aplikace způsobila v případě Karin pokles obsahu His v hlízách podobně jako u odrůdy Ditta. V případě vyšší foliárně aplikované dávky (400 g Se.ha^{-1}) byl tento pokles také statisticky průkazný.

Mezi odrůdami byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl pouze v případě třetí varianty, kdy obsah His odrůdy Ditta byl statisticky průkazně vyšší oproti Karin. Míčala (1978) uvádí, že podíly jednotlivých AMK se mohou měnit v závislosti na odrůdě a podmínkách pěstování.

Tab. 7. Obsah AMK histidin v sušených hlízách (g.kg^{-1} sušiny)

Varianta	Karin			Ditta		
	g.kg^{-1}	%	σ	g.kg^{-1}	%	σ
1	0,975 abc	100	0,031	1,017 bc	100	0,023
2	0,985 abc	101	0,033	1,085 cd	107	0,024
3	0,967 abc	99	0,051	1,165 d	115	0,051
4	0,885 ab	91	0,032	0,979 cd	96	0,031
5	0,898 ab	92	0,013	0,876 a	86	0,041

*stejná písmena označují neprůkazné rozdíly mezi variantami a odrůdami

σ – směrodatná odchylka

ZÁVĚR

Z dosažených výsledků koncentrací Se v hlízách vyplývá vyšší účinnost foliární aplikace Se (g.ha^{-1}) oproti jeho aplikaci do půdy (kg.ha^{-1}) a také slabší účinek na výnos hlíz. Dalším faktorem, na jehož základě můžeme upřednostnit foliární aplikaci, je finanční náročnost, kdy mnohonásobně nižší dávky Se na ha nebudou mít tak enormní vliv na finanční náklady spojené s aplikací hnojiva.

Obsah Arg a His v hlízách lze považovat za odrůdovou vlastnost, přičemž vlivem dávek Se se koncentrace Arg nijak neměnila. V případě His odrůda Ditta pozitivně reagovala na půdní aplikaci Se zvýšením koncentrace této AMK v hlízách. Foliární aplikace koncentrací His v případě obou odrůd snižovala.

LITERATURA

- Dietary Reference Intakes (DRI) (2000): National research council. Washington, National Academy Press: 284-319.
- Hawkesford, J. M., Zhao, F. J. (2007): Strategies for increasing the selenium content of wheat. *Journal of Cereal Science*, 46 (3): 282-292.
- Hlušek, J., Jůzl, M., Čepl, J., Lošák, T. (2005): Vliv přidávání sloučenin selenu do půdy na obsah sloučenin selenu v hlízách brambor. *Chemické listy*, 99 (7): 515-517.
- Jůzl, M., Hlušek, J., Čepl, J., Elzner, P., Čížek, M. (2006): Zvyšování nutriční kvality brambor. *Bramborářství*, 14 (5): 8-9.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2000): Trace elements in soils and plants. 3rd ed. CRC Press, Boca Raton: 413 p.
- Marschner, H. (1995): Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Limited, London: 889 p.
- Matek, M., Blanusa, M., Grgić, J. (2000): Determination of the daily dietary selenium intake in Croatia. *European Food Research and Technology*, 210 (3): 155-160.
- Míča, B. (1974): Vliv skladování a vaření na obsah volných aminokyselin u brambor. *Rostlinná výroba*, 24 (7): 731-737.
- Øgaard, F. A., Sogn, A. T., Grotvold, E., S. (2006): Effect of cattle manure on selenate and selenite retention in soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 76 (1): 39-48.
- Poggi, V., Arcioni, A., Filippini, P., Pifferi, G. P. (2000): Foliar application of selenite and selenate to potato (*Solanum tuberosum*): Effect of a ligand agent on selenium content of tubers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (10): 4749-4751.
- Prugar, J. a kol. (2008): Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Komise jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha: 327 s.
- Rayman, M. P. (2000): The importance of selenium to human health. *Lancet*, 356 (9225): 233-241.
- Surai F P. (2006): Selenium in nutrition and health. Nottingham University Press: 974 p.
- Whanger, P.D. (2002): Selenocompounds in plants and animals and their biological significance. *Journal of the American College of Nutrition*, 21 (3): 223-232.