

## **Zvýšenie obsahu selénu v proteínovej frakcii semien hrachu záhradného (*Pisum sativum* L.) prídavkom selénanových solí do pestovateľského substrátu**

ONDREJ HEGEDŮS - ALŽBETA HEGEDŮSOVÁ –  
ADRIANA IVIČIČOVÁ - ANDREA VARGOVÁ

**SÚHRN.** Cieľom práce bolo zvýšiť obsah selénu v semenách hrachu záhradného (*Pisum sativum* L.) fortifikáciou pôd zlúčeninami selénu. Pokusy sa robili v modelových podmienkach s pôdnym substrátom so slabozásaditou a kyslou pôdnou reakciou. Selén sa pridával do upraveného pôdneho substrátu vo forme roztoku selénanu sodného (do pôdy s pH 7,3) a seleničitanu sodného (do pôdy s pH 4,8) v koncentráciách 1,0; 2,0 a 3,0 mg.kg<sup>-1</sup> substrátu. V semenách hrachu sa sledoval celkový obsah selénu ako aj jeho obsah viazaný v proteínoch. Zistilo sa, že prevažná časť semenami prijímaného selénu je prítomná v proteínovej frakcii. Semenami hrachu záhradného bol prijímaný selénan intenzívnejšie ako seleničitan. Prídavok selénu 3 mg.kg<sup>-1</sup> vo forme selénanu zvýšil jeho obsah v semenách o viac ako 24-násobok, ale už pôsobil fytotoxicky. Fytotoxicita sa nepozorovala pri nižších prídavkoch a v prípade seleničitanu. Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že fortifikácia pôdneho substrátu selénanom je účinnou formou obohatenia semien hrachu záhradného selénom.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** selén; fortifikácia pôd; zvýšenie obsahu selénu; hrach záhradný (*Pisum sativum* L.); semená

V súčasnosti sa venuje zvýšená pozornosť vplyvu výživy na zdravie človeka, najmä kvôli výraznému nárastu počtu nádorových a kardiovaskulárnych ochorení. V prevencii týchto ochorení má významné postavenie zvýšenie príjmu antioxidantov. K takýmto prvkom patrí aj selén, ktorý sa v posledných rokoch intenzívne študuje. Dokázala sa priama súvislosť medzi nízkou koncentráciou selénu v krvi a zvýšeným počtom srdcovo-cievnych

---

Ing. Ondrej HEGEDŮS, PhD., RNDr. Adriana IVIČIČOVÁ, Výskumný ústav zeleninársky, Andovská 6, 940 01 Nové Zámky; Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Nových Zámkoch, Slovenská 13, 940 30 Nové Zámky.

Doc. RNDr. Alžbeta HEGEDŮSOVÁ, PhD., Mgr. Andrea VARGOVÁ, Fakulta prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra.

Korešpondujúci autor: Ing. Ondrej HEGEDŮS, PhD., e-mail: hegeduso@zoznam.sk

ochorení. Vysoká hladina antioxidačných vitamínov a minerálnych látok, nielenže zabraňuje zužovanie tepien, ale pravdepodobne chráni aj DNA pred poškodením [1, 2].

Hladina selénu v ľudskom tele závisí od jeho koncentrácie v potrave. Do potravinového reťazca sa selén dostáva prioritne z pôd a pitnej vody, jeho obsah v rastlinách je funkciou podmienok systému pôda - rastlina [3, 4]. Do pôdy sa selén dostáva najmä prirodzenou cestou - zvetrávaním sulfidických (rudných) minerálov a činnosťou človeka. Z doterajších geochemických výskumov vyplýva, že správanie sa selénu v pôdach je veľmi komplikované a závisí od charakteru pôd, najmä od pôdnej reakcie, od materskej horniny, od antropogénnych činností, obsahu sekundárnych oxidov železa, kvality a kvantity humusu [5, 6]. Obsah selénu v pôde je v rozpätí od  $0,08 \text{ mg.kg}^{-1}$  do  $80,0 \text{ mg.kg}^{-1}$  pôdy. Analýza obsahu selénu v pôde odhalila veľkú diferenciáciu lokalít. Pôdy na Slovensku sú na selén chudobné [7]. Jeho obsah sa pohybuje v rozmedzí  $0,04 \text{ mg.kg}^{-1}$  až  $0,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

Obsah selénu v poľnohospodárskych plodinách je v neustálej pozornosti odbornej verejnosti. Biologická hodnota vypestovaných potravinárskych surovín závisí od kvalitatívneho stavu pestovateľských substrátov - pôd. V pôdach prítomné biogénne prvky sa prijímajú rastlinami a tým sa dostávajú aj do potravinového reťazca [8].

Rastliny sú schopné prijímať anorganický selén pridaný do pôdy (selénan a seleničitan) a premeniť časť alebo všetok na organické komponenty. Seleničitany sa absorbujú trikrát rýchlejšie ako selénany, ale sú v pôde viazané silnejšie, preto sú pre rastliny ťažko prístupné. Prijateľnosť selénu rastlinami súvisí s niektorými fyzikálno chemickými vlastnosťami pôd: pH, oxidačno-redukčný potenciál, obsah ílových minerálov, množstvo oxidov železa [9].

Najvýznamnejší je efekt pH: v kyslých a neutrálnych pôdach sa selén nachádza viac vo forme selenidov a seleničitanov. V zásaditých pôdach sa selén vyskytuje hlavne vo forme selénanov, ktoré sú dobre prístupné pre rastliny [10].

Obsah selénu v rôznych častiach rastlín závisí od rastlinného druhu. Koncentrácia selénu je dvoj- až trojnásobne väčšia v zrne a v koreni ako v stonkách a listoch. Seleničitany sa nachádzajú vo väčšej koncentrácii v koreni, selénany v stonkách a v ostatných nadzemných orgánoch rastlín. Stonky, listy a korene obsahujú v čase dozrievania viac selénu. Mladé zelené listy obsahujú viac selénu ako staré [9].

Hladina selénu dosahuje v zeleninách hodnoty v rozmedzí od  $0,001$  do  $0,034 \text{ mg.kg}^{-1}$  [1]. Najbohatšie na selén sú rajčiny (až  $0,034 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) a mrkva ( $0,020 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). V cibuli boli stanovené nízke hodnoty selénu ( $0,001$

až 0,003 mg.kg<sup>-1</sup>) hoci je viazaný najmenej v piatich organických zlúčeninách ako sú selenohomocystín, selenometionín, selenometylselenocysteín a selenometylselenometionín. Rastliny, ktoré obsahujú priemerné množstvo síry, ako napr. kapusta, majú tendenciu akumulovať viac selénu ako rastliny s nízkym obsahom síry [9].

Cieľom práce bolo riešiť zvýšenie obsahu selénu v hrachu záhradnom cestou fortifikácie pôd seleničitanom a selénanom.

## Materiál a metódy

### *Pôdny substrát*

Nakoľko v kyslých a neutrálnych pôdach sa selén nachádza viac vo forme selenidov a seleničitanov, kým v zásaditých pôdach hlavne vo forme selénanov [10], pre pokusy sa použili pôdne substráty so slabozásaditou a kyslou pôdnou reakciou, s nízkym obsahom selénu. Potrebné množstvo pôdneho substrátu sa homogenizovalo v rotačnej triedičke a po dôkladnom premiešaní sa odobrali vzorky v množstve 1 kg na stanovenie obsahu selénu a hodnoty pH. Odoberaté vzorky sa vysušili pri laboratórnej teplote, zhomogenizovali, a po kvartácii sa z nich pripravila jemnozerná preosievaná frakcia cez sitá s otvormi 0,125–2,000 mm. Na chemický rozbor sa použila frakcia s pôdnymi časticami menšími ako 0,125 mm. Základné charakteristiky použitých pôdnych substrátov na modelové pokusy:

- pôdny substrát pre vegetačné pokusy so selénanom sodným (Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>):
 

typ pôdy:	černozem, subtyp: černozem čiernicová
druh pôdy:	piesočnato-hlinitá
lokalita:	Hurbanovo-Sesíleš
pôdna reakcia:	pH <sub>KCl</sub> 7,30
obsah Se:	<0,025 mg.kg <sup>-1</sup>
- pôdny substrát pre vegetačné pokusy so seleničitanom sodným (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>):
 

typ pôdy:	černozem, subtyp: černozem čiernicová
druh pôdy:	piesočnato-hlinitá
lokalita:	Nové Zámky
pôdna reakcia:	pH <sub>KCl</sub> 4,76
obsah Se:	0,049 mg.kg <sup>-1</sup>

Pôdny substrát sa plnil do pestovateľských nádob v množstve 12 kg. Fortifikácia pôd so selénom sa zabezpečila jeho prídavkom do pôdneho

substrátu vo forme roztoku selénanu sodného a seleničitanu sodného pred výsevom hrachu záhradného v dávkach podľa nižšie uvedených variantov. V kyslých a neutrálnych pôdach sa selén nachádza prevažne vo forme selenidov a seleničitanov, kým v zásaditých pôdach prevažne vo forme selénanov [10]. Preto sa selénan sodný pridával do slabozásaditej pôdy (pH 7,3) a seleničitan sodný do kyslej pôdy (pH 4,76).

#### *Pokusný zeleninový druh*

Hrach záhradný (*Pisum sativum* L.) - odroda Oskar, krajina pôvodu Česká republika; odroda v SR registrovaná od roku 1994, pestovaná na Slovensku aj vo veľkovýrobe; veľmi skorá odroda, vhodná na priamy konzum a priemyselné spracovanie.

#### *Založenie modelových pokusov*

Modelové vegetačné pokusy sa založili v skleníku v štyroch variantoch a troch opakovaníach podľa nasledovného rozpisu:

K - kontrola	0,0 mg pridaného Se na kg pôdy
I - prvý prídavok	0,5 mg pridaného Se na kg pôdy
II - druhý prídavok	1,0 mg pridaného Se na kg pôdy
III - tretí prídavok	3,0 mg pridaného Se na kg pôdy

Hrach záhradný sa vysieval priamo do vegetačných nádob, zber úrody sa uskutočnil v technologickej zrelosti zrn. Ošetrovanie rastlín sa vykonávalo v súlade s bežnými pestovateľskými metódami.

#### *Stanovenie selénu*

Stanovenie obsahu selénu sa uskutočnilo metódou atómovej absorpčnej spektrofotometrie s využitím hydridovej techniky (HG-AAS). Celkový obsah selénu sa stanovoval v mineralizáte vzoriek rastlinného materiálu, selén viazaný v zrazenine proteínov sa stanovoval po ich izolácii v nasledovných krokoch:

- obsah proteínov v analyzovanej rastline a v izolovanej zrazenine proteínov sa stanovil Kjeldahlovou metódou [11],
- proteínová frakcia hrachu sa izolovala z extrakčného roztoku zrážaním pomocou etanolu a následným premývaním a sušením frakcie [12],
- obsah selénu v izolovanej zrazenine proteínov sa stanovoval metódou atómovej absorpčnej spektrometrie využitím hydridovej techniky [12],
- sušina rastlinného materiálu sa stanovovala sušením vzorky pri teplote 105 °C do konštantnej hmotnosti [13],

- prepočtom získaných výsledkov sa zistil obsah selénu stanoveného v zrazenine proteínov [12].

Limitné hodnoty stanovenia sú: medza dôkazu (LOD) = 0,010 a medza stanoviteľnosti (LOQ) = 0,035 v signálovej doméne, v prepočte na koncentračnú doménu a na návažok vzorky čerstvej zeleniny 10,0 g LOD Se = 0,0026 mg.kg<sup>-1</sup>, resp. LOQ Se = 0,0090 mg.kg<sup>-1</sup> [12].

#### *Prístroje a zariadenia*

- atómový absorpčný spektrofotometer SpectrAA–200 s modulom VGA-77 pre hydridovú techniku (Varian, Mulgrave Virginia, Australia),
- mineralizačný autokláv ZA-1 (JZD Pokrok, Zahnašovice, Česká republika),
- Kjeltex Auto 1030 Analyzer (FOSS Tecator, Höganäs, Švédsko).

#### *Podmienky merania*

Na meranie sa použila katódová výbojka - prúd na lampe 10 mA, vlnová dĺžka 196 nm, šírka štrbiny 1,0 nm bez kompenzácie pozadia. Čas nasávania vzorky pred samotným odčítavaním bol 45 s, merací (integračný) čas 5 s, vyhodnotenie výšky signálu, prietok argónu 60 ml.min<sup>-1</sup>. Atomizačným prostredím bola kremenná kyveta vyhrievaná na 900 °C a redukčným činidlom 0,6% NaBH<sub>4</sub> s 0,5% NaOH. Výsledky analýz sa počítali metódou dvoch štandardných prídavkov.

Mineralizácia vzoriek sa uskutočnila v mineralizačných autoklávoch ZA-1, 2 h pri 140 °C s prídavkom 1 ml deionizovanej vody, 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 5 ml HNO<sub>3</sub>. Po ochladení sa selén prítomný v mineralizáte redukoval pridaním 4 ml HCl s koncentráciou 7 mol.l<sup>-1</sup> pri teplote 90 °C v trvaní 30 minút. Získaný roztok sa doplnil deionizovanou vodou do 10 až 25 ml podľa koncentrácie selénu vo vzorke.

#### *Chemikálie*

- základný roztok selénu s koncentráciou Se (1,000 ± 0,002) g.l<sup>-1</sup> vo vodnom roztoku HNO<sub>3</sub> o koncentrácii 0,5 mol.l<sup>-1</sup> (Merck, Darmstadt, Nemecko),
- pracovné roztoky sa pripravili riedením základného roztoku v 1% (v/v) roztoku HNO<sub>3</sub> v deionizovanej vode,
- kyselina dusičná, suprapur (Merck),
- peroxid vodíka p. a. (Merck),
- etanol, 96% (v/v, Merck),
- matricový referenčný materiál pre analýzu pôd: C 7410 Soil powder (China National Analysis Center for Iron and Steel, Beijing, Čína),

- matricový referenčný materiál pre analýzu rastlinných vzoriek: Standard Reference Material N 1570a - Trace Elements in Spinach Leaves (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA)
- tlmivý roztok na báze TRIS-HCl (Merck).

## Výsledky a diskusia

Na fortifikáciu pôd selénom sa niekedy využíva zakomponovanie selénu do hnojivových prípravkov, čím selén prechádza do celého potravinového reťazca. Tento spôsob obohatenia potravinového reťazca selénom sa využíva napr. vo Fínsku [8, 14]. Tento spôsob suplementácie selénu sa využil aj v predkladanej práci. Rizikom je, že do pôdy pridávaný bioprístupný selén vo vyšších koncentráciách môže mať pre niektoré rastlinné druhy fytotoxické účinky [13].

TAB. 1. Obsah selénu v pôde fortifikovanej selénanom sodným a v semenách hrachu záhradného.

TAB. 1. Selenium contents in soil fortified by sodium selenate and in garden pea seeds.

Variant <sup>1</sup>	Obsah Se <sup>2</sup> [mg.kg <sup>-1</sup> ]				Sušina <sup>7</sup> [%]
	vo vysušenej pôde <sup>3</sup>	v čerstvom hrachu <sup>4</sup>	aritmetický priemer <sup>5</sup>	smerodajná odchýlka <sup>6</sup>	
<b>K</b>	0,03	0,44	0,295	0,205	21,01
	0,03	0,15			
<b>I</b>	0,53	3,69	3,756	0,021	21,27
	0,53	3,74			
	0,53	3,84			
<b>II</b>	1,03	5,96	7,098	0,141	19,84
	1,03	7,50			
	1,03	7,84			
<b>III</b>	3,03	15,64	13,850	0,206	20,81
	3,03	15,35			
	3,03	10,55			

K - kontrola, I - prvý prídavok, II - druhý prídavok, III - tretí prídavok

K - control variant, I - 1<sup>st</sup> addition, II - 2<sup>nd</sup> addition, III - 3<sup>th</sup> addition. 1 - variant, 2 - selenium content, 3 - in dried soil, 4 - in fresh garden pea seeds, 5 - arithmetical average, 6 - standard deviation, 7 - dry matter.

TAB. 2. Obsah selénu v zrazenine proteínov hrachu záhradného po fortifikácii pôdy selénanom sodným.

TAB. 2. Selenium contents in the protein precipitate of garden pea seeds after the fortification of soil by sodium selenate.

Variant <sup>1</sup>	Obsah proteínov <sup>2</sup> [%]			Sušina <sup>6</sup> [%]	Obsah Se v proteínovej frakcii <sup>7</sup> [mg.kg <sup>-1</sup> ]	
	v zrazenine <sup>3</sup>	v čerstvom hrachu <sup>4</sup>	v sušine hrachu <sup>5</sup>		v sušine zrazeniny proteínov <sup>8</sup>	v prepočte na čerstvý hrach <sup>9</sup>
<b>K</b>	84,27	5,666	26,97	21,01	9,06	0,609
<b>I</b>	85,97	5,600	26,33	21,27	58,83	3,832
<b>II</b>	77,91	6,279	31,65	19,84	105,70	8,519
<b>III</b>	85,85	6,401	30,76	20,81	204,70	15,260

K - kontrola, I - prvý prídavok, II - druhý prídavok, III - tretí prídavok

K - control variant, I - 1<sup>st</sup> addition, II - 2<sup>nd</sup> addition, III - 3<sup>th</sup> addition. 1 - variant, 2 - protein content, 3 - in the precipitate, 4 - in fresh garden pea seeds, 5 - in the dry matter of the seeds, 6 - dry matter, 7 - selenium content in the protein fraction, 8 - in the dry matter of the protein precipitate, 9 - calculated to fresh garden pea seeds.

Po dozretí hrachu záhradného do konzumnej zrelosti sa pristúpilo k plánovaným analýzám. Vo vylúskaných semenách sa stanovil celkový obsah selénu, obsah selénu viazaného v izolovanej zrazenine proteínov, obsah proteínov v proteínovej zrazenine a v čerstvom hrachu, ako aj obsah sušiny.

Analýzou čerstvého hrachu sa zistilo, že po fortifikácii pôd rôznymi dávkami selénanu sa úmerne zvýšil aj príjem celkového obsahu selénu v zrnách hrachu záhradného (tab. 1). Po pridaní 0,5 mg selénanu na kg pôdy sa zvýšil celkový obsah selénu v zrne 13-krát, po prídavku 1 mg 24-krát a po prídavku 3 mg až 47-krát.

Nakolko pre ľudský organizmus je najprístupnejší selén zabudovaný do organických molekúl [2, 8, 9], sledovala sa aj jeho prítomnosť v izolovaných proteínoch hrachu záhradného. Rastliny prijímajú z pestovateľského substrátu selén, ktorý je tam prítomný vo forme anorganických zlúčenín a postupne ho zabudovávajú cez selenocysteín do svojich proteínov [6, 8, 9]. Dá sa predpokladať, že stanovením selénu v izolovanej proteínovej frakcii sa získajú údaje, ktoré sú v úzkej korelácii s obsahom selénu zabudovaného do proteínov rastliny. Keďže proteínová frakcia hrachu sa izolovala z roztoku alkoholovým zrážaním, spolu s proteínmi sa čiastočne zrážali aj iné organické zlúčeniny. Z uvedeného dôvodu sa v izolovanej frakcii stanovoval obsah proteínov ako zdroj organicky viazaného selénu (tab. 2 a 3). Porovnaním získaných výsledkov celkového obsahu selénu v čerstvých seme-

nách hrachu s údaji o jeho obsahu v proteínovej zrazenine z tab. 2 vyplýva, že prakticky celý obsah semenami prijatého selénu sa nachádza v izolovanej proteínovej zrazenine.

Nakolko prídavok selénu 3 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy vo forme selénanu pôsobil už fyto toxicky (rastliny nižšieho vzrastu a nižšej úrody), pridané množstvo selénu do pôdy by nemalo prekročiť hodnotu cca 2 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy. Táto koncentrácia ešte nespôsobovala žiadne zmeny vo vývine rastlín. Ako výsledky analýz ukazujú, aj v prípade prídavku selénu 2 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy je možné dosahovať veľmi významné zvýšenie celkového obsahu v zrnách, čo z pohľadu zvýšenia biologickej hodnoty má veľký význam.

Po prídavku selénu vo forme seleničitanu do pôd sa zistilo miernejšie zvýšenie jeho obsahu (tab. 4). Po pridaní 0,5 mg seleničitanu na kg pôdy sa zistil 4-násobný nárast obsahu selénu v zrne, po prídavku 1 mg 11-násobný a po prídavku 3 mg až 38-násobný. Z výsledkov analýz vyplýva, že hrach záhradný prijímal v priemere 15-krát viac selénu po pridaní selénanu ako po pridaní seleničitanu. Výsledky sú v súlade s literárnymi údajmi [9], podľa ktorých seleničitany sú rastlinám ťažko prístupné. Porovnaním získaných výsledkov celkového obsahu selénu v čerstvých semenách hrachu s údajmi o jeho obsahu v proteínovej zrazenine z tab. 3 vyplýva, že podobne ako v prípade fortifikácie pôd selénanom aj v tomto prípade prakticky celkový obsah semenami prijatého selénu sa nachádza v izolovanej proteínovej zrazenine.

TAB. 3. Obsah selénu v zrazenine proteínov hrachu záhradného po fortifikácii pôdy seleničitanom sodným.

TAB. 3. Selenium contents in the protein precipitate of garden pea seeds after the fortification of soil by sodium selenite.

Variant <sup>1</sup>	Obsah proteínov <sup>2</sup> [%]			Sušina <sup>6</sup> [%]	Obsah Se v proteínovej frakcii <sup>7</sup> [mg.kg <sup>-1</sup> ]	
	v zrazenine <sup>3</sup>	v čerstvom hrachu <sup>4</sup>	v sušine hrachu <sup>5</sup>		v sušine zrazeniny proteínov <sup>8</sup>	v prepočte na čerstvý hrach <sup>9</sup>
<b>K</b>	0,26	79,47	7,693	32,71	23,52	0,025
<b>I</b>	1,86	82,75	6,632	31,37	21,14	0,149
<b>II</b>	5,94	81,75	6,314	29,27	21,57	0,459
<b>III</b>	16,66	78,96	6,421	30,09	21,34	1,355

K - kontrola, I - prvý prídavok, II - druhý prídavok, III - tretí prídavok

K - control variant, I - 1<sup>st</sup> addition, II - 2<sup>nd</sup> addition, III - 3<sup>th</sup> addition. 1 - variant, 2 - protein content, 3 - in the precipitate, 4 - in fresh garden pea seeds, 5 - in the dry matter of the seeds, 6 - dry matter, 7 - selenium content in the protein fraction, 8 - in the dry matter of the protein precipitate, 9 - calculated to fresh garden pea seeds.



TAB. 4. Obsah selénu v pôde fortifikovanej seléničitanom sodným a v semenách hrachu záhradného.

TAB. 4. Selenium contents of soil fortified by sodium selenite and in garden pea seeds.

Variant <sup>1</sup>	Obsah Se <sup>2</sup> [mg.kg <sup>-1</sup> ]				Sušina <sup>7</sup> [%]
	vo vysušenej pôde <sup>3</sup>	v čerstvom hrachu <sup>4</sup>	aritmetický priemer <sup>5</sup>	smerodajná odchýlka <sup>6</sup>	
<b>K</b>	0,05	0,03	0,030	0,000	23,52
	0,05	0,03			
	0,05	0,03			
<b>I</b>	0,55	0,13	0,118	0,113	21,14
	0,55	0,10			
	0,55	0,12			
<b>II</b>	1,05	0,35	0,334	0,090	21,57
	1,05	0,30			
	1,05	0,35			
<b>III</b>	3,05	1,02	1,137	0,122	21,34
	3,05	1,29			
	3,05	1,10			

K - kontrola, I - prvý prídavok, II - druhý prídavok, III - tretí prídavok

K - control variant, I - 1<sup>st</sup> addition, II - 2<sup>nd</sup> addition, III - 3<sup>th</sup> addition. 1 - variant, 2 - selenium content, 3 - in dried soil, 4 - in fresh garden pea seeds, 5 - arithmetical average, 6 - standard deviation, 7 - dry matter.

Príjem selénu v podmienkach SR priemerne činí iba 40 µg na deň, pričom odporúčaný denný príjem selénu je 1 µg na 1 kg telesnej hmotnosti [8]. Vzhľadom na uvedený deficit denného príjmu selénu môžeme konštatovať, že pridávaním anorganickkej formy selénu do pôdy vo forme selénanu možno získať potraviny s vysokým obsahom selénu, v ktorých je selén pravdepodobne vo významnom podiele viazaný v organickej forme.

## Záver

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že fortifikácia pôdneho substrátu selénanom sa javí ako účinná a nenáročná forma obohatenia hrachu záhradného (*Pisum sativum* L.) selénom. Zvlášť významným výsledkom sledovaní je skutočnosť, že selén sa transformuje do semien hrachu záhradného najmä vo forme, ktorá je súčasťou izolovanej proteínovej frakcie.

Vychádzajúc z doterajších výsledkov riešenia transferu selénu v modelových podmienkach možno vysloviť prognózu, že aj vo veľkovýrobe bude možné významne obohatiť rôzne zeleninové druhy selénom. Za predpokladu, že sa obsah selénu v zelenine podarí zvýšiť fortifikáciou pôd iba na 10-násobok súčasného stavu, by bolo možné pokryť významnú časť celoročnej potreby selénu celej populácie SR.

Táto práca bola podporovaná štátnym podprogramom výskumu a vývoja SR „Potraviny - kvalita a bezpečnosť“ číslo 2003SP270280E010280E01.

## Literatúra

1. GREGER, J. L.: Selenium: what's new? *Nutrition Today*, 36, 2001, č. 2, s. 97-99.
2. SALONEN, J. T. - ALFHTAN, G. - HUTTUNEN, J. K. - PUSKA, P.: Association between cardiovascular death and myocardial infection and serum selenium in matched-pair longitudinal study. *Lancet*, 2, 1982, č. 2, s. 175-179.
3. ARTHUR, J. R.: Selenium supplementation: does soil supplementation help and why? *Proceedings of the Nutrition Society*, 62, 2003, č. 2, s. 393-397.
4. VOLLMANNOVÁ, A. - TÓTH, T. - TOMÁŠ, J. - JOMOVÁ, K.: The affection of intake of some micronutrients by grain of bean grown on extremely acid soil. *Chemické listy*, 97, 2003, č. 8, s. 801.
5. RAYMAN, M.: Se brought to earth. *Chemistry in Britain*, 38, 2002, č. 10, s. 28-31.
6. BAGHOUR, M. - MORENO, D. A. - HERNANDEZ, J. - CASTILLA, N. - ROMERO, L.: Influence of thermal regime of soil on the sulfur (S) and selenium (Se) concentration in potato plants. *Journal of Environmental Science and Health - part A* 6, 37, 2002, s. 1075-1085.
7. LINKEŠ, V. - KOBZA, J. - ŠVEC, M. - ILKA, P. - PAVLENDÁ, P.: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav monitorovaných pôd. Výsledky čiastkového monitorovacieho systému pôd. Bratislava : Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 1997. 128 s.
8. MAĐARIČ, A. - KADRABOVÁ, J.: Selén v potravinách a možnosť jeho suplementácie u slovenskej populácie. *Bulletin potravinárskeho výskumu*, 37, 1998, č. 1, s. 11-17.
9. KOUTNÍK, V. - ŠIMEK, J. - ZVĚŘINA, F. - KIZEK, R. - HEDVÁBNÝ, J.: Selen v systéme pôdárstvá. *Úroda*, 47, 1999, s. 230-231.
10. BAJČAN, D. - ŽEMBERYOVÁ, M. - KLIMENT, J. - RÚRIKOVÁ, D.: Stanovenie obsahu bioprístupného selénu v pôdach metódou AAS. *Chemické listy*, 95, 2001, č. 10, s. 638-641.
11. Kjeldahl Applications: 3115 - Nitrogen according to Kjeldahl in soya beans. Höganäs : FOSS Tecator, Švédsko, 1984.
12. PRÍBELA, A.: Analýza potravín. Bratislava : Slovenská technická univerzita, 1991. 394 s.
13. HEGEDŮS, O. - HEGEDŮSOVÁ, A. - IVIČÍČOVÁ, A. - JOMOVÁ, K. - VALŠÍKOVÁ, M. - KOPEC, K. - VARGOVÁ, A.: Riešenie problematiky obsahu a zachovania selénu v zelenine. Priebežná správa čiastkovej úlohy č. 19 Štátneho programu výskumu a vývoja. Nové Zámky : Výskumný ústav zeleninársky, 2004. 49 s.
14. THORLING, E. B. - OVERVAD, K. - GEBOERS, J.: Selenium status in Europe. Human Data. A multicenter study. *Annals of Clinical Research*, 18, 1996, č. 1, s. 3-7.

Do redakcie došlo 25. 2. 2005.

**Increase in the selenium content of the protein fraction of the seeds of garden pea (*Pisum sativum* L.) by the addition of selenium salts to the soil substrate**

HEGEDŮS, O. - HEGEDŮSOVÁ, A. - IVIČÍČOVÁ, A. - VARGOVÁ, A.:  
Bull. potrav. Výsk., 44, 2005, p. 249-259.

**SUMMARY.** The purpose of this work was to increase selenium contents in the seeds of garden pea (*Pisum sativum* L.) by fortification of the soil with selenium compounds. The experiments were done in model conditions using soil substrates with weakly alkaline or acidic soil reactions. Selenium was added to the modified soil substrate as a solution of sodium selenate (to the soil with pH 7.3) and sodium selenite (to the soil with pH 4.8) in concentrations of 1.0; 2.0 and 3.0 mg.kg<sup>-1</sup> of the substrate. Total selenium contents and its contents in protein precipitates were followed in the pea seeds. The main part of the selenium recovered by the seeds was present in the protein fraction. Selenate was recovered more intensively by the pea seeds than selenite. The addition of 3 mg.kg<sup>-1</sup> selenium in the form of selenate resulted in an increase by more than 24 times in the seeds, but it lead already to phytotoxicity. The obtained results implicate that fortification of the soil substrate by selenate is an effective way to enrich the seeds of garden pea by selenium.

**KEYWORDS:** selenium; soil fortification; selenium content increase; pea; *Pisum sativum* L.; seeds