

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
Odbor bezpečnosti krmiv a půdy



OBSAH SELENU (Se) V ZEMĚDĚLSKÝCH PŮDÁCH ČR

Zpracovala: Mgr. Šárka Poláková, Ph.D.

Schválil: Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Odboru bezpečnosti krmiv a půdy

Brno, červenec 2010

Úvod

Fakt, že bakterie *Escherichia coli* vyžaduje pro svůj metabolismus selen, objevil v roce 1954 J. Pinset. Poté byly identifikovány selenoproteiny ve strukturách *Archaei* i dalších živočichů. Selen byl zařazen mezi prvky nezbytné pro zdravý vývoj živých organismů. V nadsázce se dá říci, že pro živočichy je tento prvek dvojsečnou zbraní – v malých dávkách nezbytný, ve vysokých škodí. Problém nedostatku selenu je však palčivější než jeho toxicita. Doporučený denní příjem podle WHO činí 1 µg/kg/os/den, přičemž v evropské populaci se udává rozsah 25 - 150 µg/den. Podle vyjádření Státního zdravotního ústavu není doporučený přívod selenu v populaci ČR krytý (Ruprich et Řehůrková, 2003).

Nedostatečný příjem selenu naší populací a následně jeho nedostatečná hladina v krvi, současně s významem selenu pro zdravý růst a vývoj živočišných organismů, vedly ke stanovení obsahu selenu v zemědělských půdách ČR.

Selen v půdě

V zemské kůře se vyskytuje v rozsahu 0,05 – 0,09 ppm, často v břidlicích, vápenatých zbytcích, v pískovcích, fosforečných horninách.

Obsah selenu v půdě závisí na mnoha faktorech. Jeho distribuci v půdním profilu ovlivňují:

- matečná hornina,
- množství organické hmoty,
- pH,
- oxidy Fe a Al,
- srážky.

Zvýšené obsahy jsou očekávané pouze v aridních a semiaridních oblastech, na břidlicích. Ve Finsku byly vyšší koncentrace v půdě zjištěny v jílovitých a organogenních půdách (díky silné sorpci selenu), nejnižší v hrubozrnných půdách (Eurola et al., 2004).

Obsah selenu v půdě (ppm; literární prameny: 1 – Adriano, 2001, 2 - Fang et al., 2004, 3 - McGregor et al., 2008)

Zdroj	Rozsah	Střední hodnota
(1) Bowen, 1979	0,01 - 12	0,4 (medián)
(1) Shacklette et Boerngen, 1984	0,1 – 4,3	0,39 (průměr)
(1) Aloway, 1995	0,01 – 2	
(1) Rose et al., 1979		0,3 (medián)
(1) Kabata-Pendias et Pendias, 1992	0,005 – 4	
(1) Ure et Berrow, 1982	0,03 – 2	0,4 (průměr)
(1) Bayer set Lankin, 1939 (Kanada)	0,1 – 6	
(1) Nye et Peterson, 1975 (UK)	0,9 – 91,4	
(1) Adriano, 2001 (Finsko)	0,2 – 0,3	
(2) Fang et al., 2004 (Čína – Ziyang; oblast po těžbě břidličnatého uhlí a rud)		16,9
(3) McGregor et al., 2008 (USA – Western Phosphate Resource Area)	17,8 – 20,3	

Mobilita a biopřístupnost selenu v půdě

Pohyblivost selenu v půdním profilu, schopnost měnit mocenství a přístupnost rostlinám a živočichům je ovlivněna především formou výskytu selenu. Existují celkem 4 oxidační stavy – 0, -II (selenid), IV (seleničnan), VI (selenan). V prostředí se uplatňují 3 základní transformační mechanismy (oxido-redukční procesy, (de)metylace, volatilizace), které zahrnují imobilizaci (redukční procesy), mobilizaci (oxidační procesy) a ztráty selenu (demetylace, volatilizace).

Faktory ovlivňující mobilitu a biopřístupnost Se

- **Matečná hornina** – má na mobilitu Se velmi silný vliv. Půdy na vyvěřelinách jsou většinou Se-deficitní, půdy na sedimentárních horninách (především břidlicích) obsahují zvýšená množství Se.
- **pH půdy** – v kyselých a neutrálních půdách se vyskytuje především ve formě seleničnanu, který vytváří těžce rozpustné komplexy s Fe.¹
- **Forma Se** – nejefektivněji je rostlinami absorbován selenan, méně seleničnan, nejméně organický selen².
- **Zrnitost, obsah jílu** – příjem Se z minerálních půd má inverzní vztah k obsahu jílu.
- **Organická hmota** – předpokládá se vazba na organickou hmotu.
- **Kompetující ionty** – díky podobným chemickým vlastnostem dochází k interakcím mezi Se a S; přísady síry (BaSO₄) napomáhají vyluhování Se z půdy.

Jako metodu vhodnou k odhadu biopřístupného podílu selenu v půdách uvádí McGregor et al. (2008) extrakci AB-DTPA. Obsahy v rostlinách (vojtěška, sverep) velice dobře korelovaly s obsahy AB-DTPA-extrahovatelným selenem.

Selen v rostlinách

Dosud je selen považován za prvek pro rostliny neesenciální (Adriano, 2001). Rostliny mohou obsahovat různě velké koncentrace selenu - až 300 ppm. Viditelné symptomy toxicity nebyly nikdy pozorovány.

Zatímco potřeba selenu pro nižší rostliny je zřejmá, otázka nezbytnosti Se pro vyšší rostliny zatím zůstává nerozřešená. Důkazy o blahodárné roli selenu u vyšších rostlin jsou neustále posilovány dalšími studiemi. Někteří autoři již považují selen za prvek nepostradatelný nejen pro živočichy, ale také pro rostliny (Koutník et al., 2000). Feng et al. (2009) uvádí, že nízké dávky selenu chrání rostlinu před přílišným příjmem některých dalších škodlivých prvků – As, Hg, Pb, Cd. Byl prokázán kladný vliv Se na růst klíčků sadbových brambor (Turakainen et al., 2008), pozitivní vliv na zpoždění stárnutí ovoce a prodloužení jejich životnosti „na pultech“ (Pezzarossa et al., 2009), nebo 43% nárůst produkce semen řepky olejné u Se-suplementovaných rostlin (Lyons et al., 2009).

Krmiva s nedostatečným obsahem selenu (a samozřejmě i s nadměrným obsahem) mohou u dobytka způsobovat zdravotní problémy. Za minimální obsahy Se v rostlinách nutné k prevenci chorob z nedostatku selenu je považováno 0,03 – 0,1 ppm a důležitý je také

¹ Sager (2002) však ve svých pokusech prokázal zvýšené uvolňování Se z půd kyselých. Tento jev vysvětluje tím, že zkoušené 2 černozemě, obě alkalické, s vysokou hodnotou CEC měly větší aktivní povrch a tudíž vyšší mikrobiální aktivitu, což adsorpci Se ovlivnilo mnohem více než pH.

² Selenan je 10 – 20x rostlinám přístupnější ve srovnání se seleničnanem (MacLeod et al., 1998)

dostatečný příjem vitamínu E. Obsahy 3 – 4 ppm v rostlinách jsou již pro dobytek považovány za toxické. Všeobecně ale platí, že oblasti s nízkým obsahem selenu jsou rozšířenější než oblasti s toxickými obsahy.

V souvislosti s faktory ovlivňujícími biopřístupnost selenu (uvedenými výše) společně s vodním a vzdušným režimem půdy a klimatem můžeme předpokládat, že:

1. podloží s vysokými obsahy Se, s provzdušněnými půdami a suchým klimatem = výskyt vegetace s toxickými obsahy Se
2. podloží s vysokými obsahy Se, zvětráváním ve vlhkém podnebí a půdami slabě až silně kyselými = vegetace s pravděpodobně dostatečnými obsahy Se k ochraně (živočichů i lidí) před projevy jeho nedostatku
3. podloží s vysokými obsahy v půdě a špatně provzdušněné alkalické půdy = pravděpodobně vegetace s toxickými obsahy Se
4. podloží s nízkým obsahem Se, zvětrávání v humidních nebo suchých podmínkách = pravděpodobně vegetace s nedostatečným obsahem Se (Čím humidnější klima a kyselější půda, tím větší pravděpodobnost nízkých koncentrací Se ve vegetaci.)

Obsahy Se v rostlinách – literární prameny (ppb)

Rostlina	Obsah	zdroj
brokolice	60 – 1530	Adriano, 2001
vojtěška	Max 1460	Adriano, 2001
pastviny (S. Evropa)	< 40	Adriano, 2001
Wales, Irsko (hot spots)	> 500	Adriano, 2001
pšenice (Maďarsko)	34	Alfthan et al., 1992
pšenice (Srbsko)	27	Mihailovic et al., 1996
pšenice (Velká Británie)	25	Adams et al., 2002
pšenice (Finsko)	80 – 130	Eurola et al., 2000
obilí z oblasti po těžbě břidličnatého uhlí a rud (Čína – Ziyang)	5010	Fang et Wu, 2004
fazole (Čína – Ziyang)	890	Fang et Wu, 2004
řepka - semeno (Čína – Ziyang)	850	Fang et Wu, 2004

Příjem a bioakumulace selenu rostlinami

Selen je dobře přístupný rostlinám v dobře provzdušněných alkalických půdách, ve kterých je přítomen ve formě selenanu. Vzhledem k chemické podobnosti Se a S dochází k výraznějšímu příjmu selenu rostlinami s vyššími nároky na síru.

Selenan je sorbován metabolicky, aktivně, stejnou cestou jako sulfáty a zároveň mezi sebou soutěží o vazebná místa, zatímco seleničnan je přijímán pouze pasívně a je vázán na jiná vazebná místa. (Což vede k předpokladu, že obsah selenanu v půdě bude korelovat s obsahy v rostlinných pletivech.) Zvýšený příjem selenanu nad seleničtanem, který byl pevně vázán na půdní částice, obilím potvrdil ve svých pokusech také Sager (2002).

Obsahy selenu v rostlinách (i půdách) jsou velmi silně ovlivněny geologickým podložím s klimatickými podmínkami.

Podle schopnosti rostlin akumulovat Se ve svých pletivech byly tyto rozděleny do 3 skupin:

1. primární indikátory (10^3 - 10^4 ppm v suš.)
2. sekundární indikátory (100 – 1000 ppm v suš.)
3. neakumulátory (< 30 ppm v suš.; většina kulturních rostlin, obiloviny, trávy)

Selen a zdraví

Pro člověka (jakož i pro ostatní živočichy) je selen esenciálním prvkem. Klinickými příznaky jeho nedostatku jsou: omezení růstu, omezení chuti k jídlu, anémie, snížení plodnosti. Ovlivňuje imunitní systém.

Nedostatek tohoto prvku se začal dávat do souvislosti s některými chorobami (svalová dystrofie, dystrofie srdeční svaloviny, omezení růstu ovcí a skotu, zhoršení reprodukce, zvýšený výskyt chorob jater s vysokou mortalitou) (Koutník et al, 2000). Např. Fischer et al. (2008).³ potvrdili nezbytnost dostatečných dávek Se pro zdravý vývoj mladých krocanů.

Stejně jako je selen ve výživě nezbytný, je pro člověka (i ostatní živočichy) toxický. Od roku 1980 bylo popsáno několik případů akutní a chronické toxicity selenu.^{4,5}

³ Projevem nedostatku Se v krmné dávce byla nutriční svalová dystrofie, kterou bylo možno částečně „vyvážit“ podáváním vitamínu E.

⁴ Provincie Ziyang a Enshi v Číně jsou oblasti, ve kterých se nadbytek selenu v půdě projevil toxicky jak u dobytka, tak u obyvatelstva (Fang et Wu, 2004).

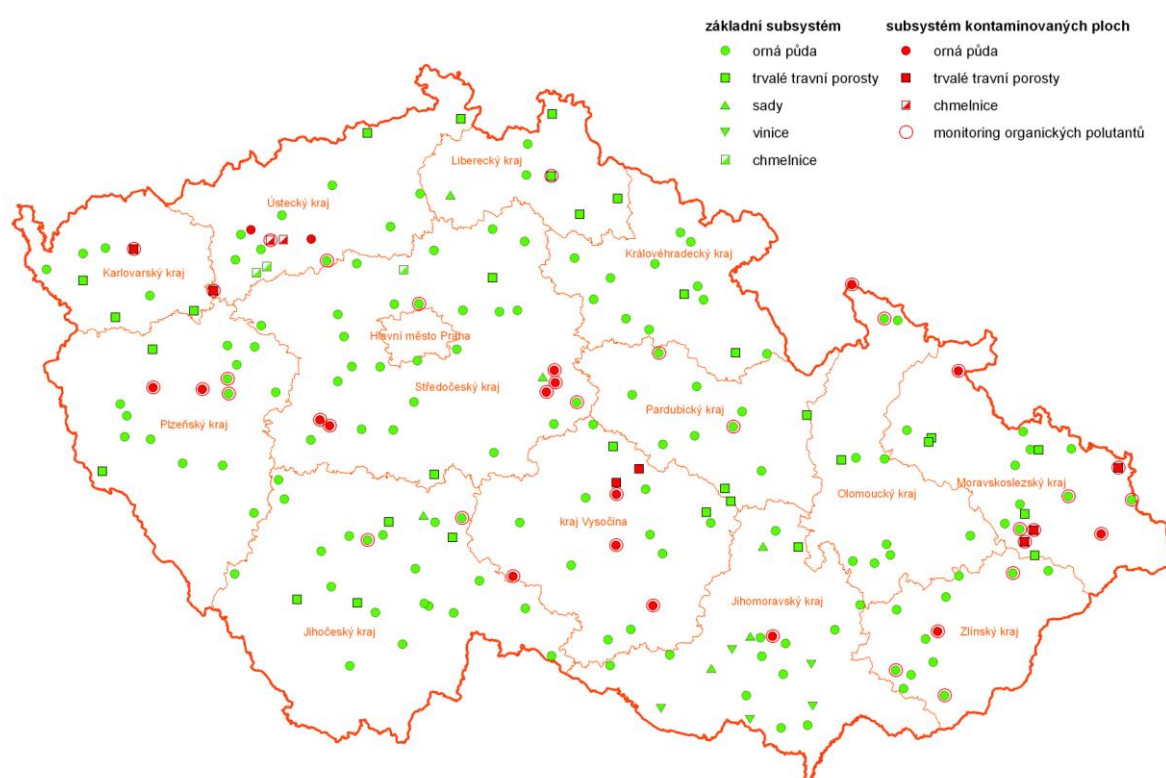
⁵ Úhyny ovcí způsobené nadbytkem Se v půdě a krmivu/pastvě byly zaznamenány v USA ve Western Phosphate Resource Area (rekultivovaná oblast po těžbě fosfátů) (McGregor et al., 2008).

Metodika

Obsah selenu byl stanoven v půdních vzorcích z Bazálního monitoringu půd.

Síť pozorovacích ploch Bazálního monitoringu zemědělských půd (BMP) vznikla v roce 1992, kdy také proběhly první odběry půdních vzorků v základní síti 190 pozorovacích ploch. V roce 1995 byly odběry zopakovány za použití optimalizované metody vzorkování. O pět let později, v roce 1997, byl založen subsystém kontaminovaných ploch. Na lokalitách charakteristických anorganickým znečištěním jak antropogenního tak geogenního původu vzniklo 27 pozorovacích ploch. Obrázek 1 ukazuje současné rozmístění lokalit BMP.

Obrázek 1. Lokalizace pozorovacích ploch Bazálního monitoringu půd.



Pozorovací plochy jsou definovány jako obdélníky o délce stran 25 x 40 m; o celkové rozloze 1000 m². Každá plocha je charakterizovaná zeměpisnými souřadnicemi, morfologií terénu, klimatickými a půdními poměry.

V rámci celého souboru pozorovacích ploch monitoringu existují tři odběrová schémata:

- **Jednorázové odběry** jsou prováděny při výkopu pedologické sondy. Odebírají se neporušené půdní vzorky, tzv. fyzikální válečky ke stanovení vybraných fyzikálních vlastností půd, a porušené půdní vzorky, ke stanovení chemických a fyzikálně-chemických vlastností půd. Tato stanovení jsou provedena na všech pozorovacích plochách sítě monitoringu.
- **Základní odběry** jsou prováděny v šestileté periodě. Zjišťovány jsou především (agro)chemické vlastnosti půd. Odběry v základní periodě probíhají na všech

pozorovacích plochách monitoringu. Odběry vzorků při základních odběrech probíhají v úhlopříčkách. Odebírají se 4 dílčí vzorky z každého horizontu.

- **Každoroční odběry** jsou zaměřeny na sledování stavu a vývoje znečištění půd organickými polutanty, a na možnou kontaminaci potravinového řetězce prostřednictvím zemědělských plodin (odběry rostlin). Tyto odběry probíhají na vybraném souboru pozorovacích ploch metodou „po lomené čáře“.

Hloubka odběru se liší v závislosti na způsobu obhospodařování monitorovací plochy.

Hloubka odběrů půdních vzorků (cm)

Kultura	Svrchní horizont (ornice)	Spodní horizont (podorníčí)
Orná půda	0 – 30 (dle mocnosti horizontu)	30 – 60
Sady, vinice	0 – 30	30 – 60
Chmelnice	10 – 40	40 – 70
Trvalé travní porosty	0 – 10 (po odstranění svrchní drnové vrstvy)	11 – 25 a 25 - 40

Ke stanovení selenu byly použity půdní vzorky Bazálního monitoringu půd odebrané v základní periodě v roce 2007. Byly vytvořeny směsné vzorky z každé plochy pro horizont O (ornice) a P (podorníčí). Směsný vzorek (O, P) vznikl smícháním čtyř stejných dílů z jednotlivých dílčích vzorků (např. O/1 + O/2 + O/3 + O/4). Chemické analýzy proběhly v NRL ÚKZÚZ podle platných pracovních postupů, stanovení v mineralizátu lučavky královské.

Selen byl stanoven po extrakci lučavkou královskou metodou ICP MS.

Možný vliv hloubky odběru, způsobu obhospodařování a půdního typu na obsahy Se v zemědělské půdě byl hodnocen na základě Kruskal-Wallis One-Way ANOVA testu. Ke statistickému zpracování byly použity programy MS Excel 2007, NCSS 2001.

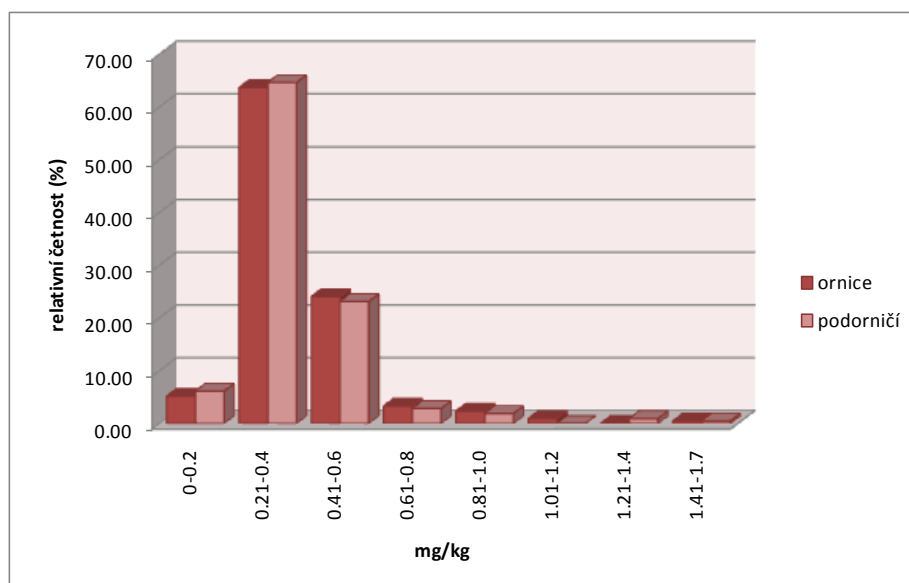
Výsledky

Celkem bylo analyzováno 469 vzorků z 213 monitorovacích ploch. Hodnoty obsahů selenu v jednotlivých vzorcích jsou uvedeny v příloze 1 a 2. Rozsah naměřených hodnoty činí 0,14 – 1,65 ppm, střední hodnota (medián) pro ornici 0,35 ppm, pro podorničí 0,33 ppm. Tyto střední hodnoty odpovídají literárním pramenům. Základní popisná statistika je uvedena v tabulce 1. Statistické rozdíly mezi obsahy v ornici a podorničí jsou nevýznamné. Rozložení hodnot ve zkoumaném souboru je značně nerovnoměrné, většina hodnot (cca 85 %) leží v intervalu 0,21 – 0,6 ppm (graf 1). Nejnižší hodnota byla naměřena v podorničí na ploše Heřmaněč (okres Jindřichův Hradec), nejvyšší v ornici na ploše Násedlnice (okres Mladá Boleslav).

Tabulka 1. Obsah selenu v půdách - základní popisná statistika celého souboru dat (ppm)

horizont	Min	Max	Průměr	Percentil				
				10 th	25 th	50 th	75 th	90 th
ornice	0.16	1.65	0,39	0.23	0.29	0.35	0.44	0.53
podorničí	0.14	1.61	0,37	0.22	0.28	0.33	0.43	0.51

Graf 1. Histogram obsahů selenu v ornici a podorničí (%)

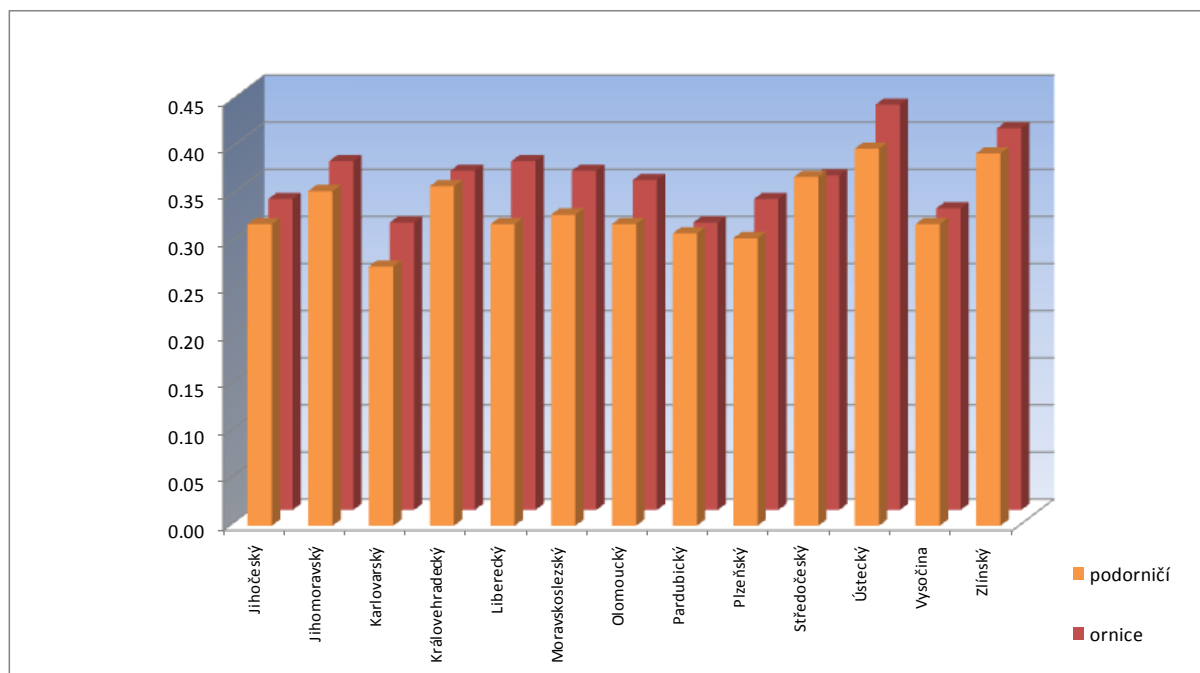


V následující tabulce jsou uvedeny střední hodnoty (mediány) obsahů selenu v jednotlivých krajích. Mezi obsahy selenu v jednotlivých krajích nebyly shledány rozdíly.

Tabulka 2. Střední hodnoty obsahů selenu v jednotlivých krajích (medián; ppm)

kraj	ornice	podorníči
Jihočeský	0.33	0.32
Jihomoravský	0.37	0.36
Karlovarský	0.31	0.28
Královehradecký	0.36	0.36
Liberecký	0.37	0.32
Moravskoslezský	0.36	0.33
Olomoucký	0.35	0.32
Pardubický	0.31	0.31
Plzeňský	0.33	0.31
Středočeský	0.36	0.37
Ústecký	0.43	0.40
Vysočina	0.32	0.32
Zlínský	0.41	0.40

Graf 2. Střední obsah (medián) selenu v jednotlivých krajích ČR (ppm)

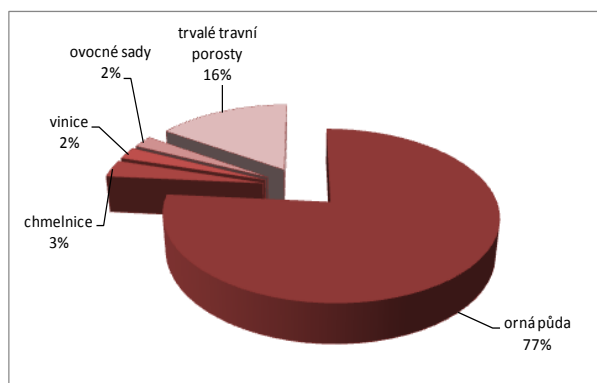


Z počtu 213 monitorovacích ploch činila orná půda 163 ploch, chmelnice 7 ploch, vinice 5 ploch, ovocné sady 5 ploch a trvalé travní porosty 33 ploch. Střední hodnoty (mediány) obsahů selenu v jednotlivých kulturách a procentuální zastoupení kultur v Bazálním monitoringu půd v roce 2007 jsou uvedeny v následující tabulce a grafech. Mezi obsahy selenu hodnocenými podle jednotlivých kultur nebyly shledány rozdíly.

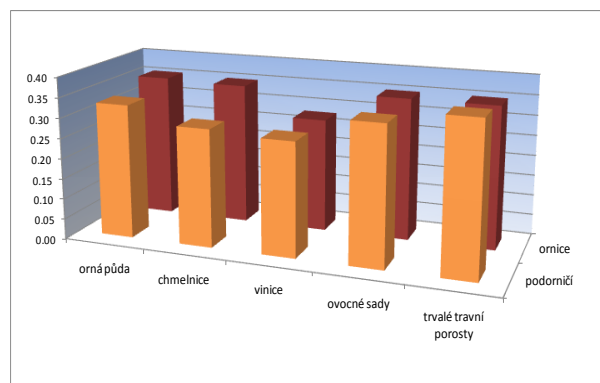
Tabulka 3. Střední hodnoty obsahů selenu na plochách BMP – dle kultur (medián; ppm)

	Orná půda	Chmelnice	Vinice	Ovocné sady	TTP
Ornice	0,36	0,35	0,28	0,35	0,35
Podorničí	0,33	0,29	0,28	0,34	0,37

Graf 3. Procentuální zastoupení kultur na monitorovacích plochách BMP v roce 2007



Graf 4. Obsahy selenu (medián) na monitorovacích plochách BMP v roce 2007 – kultury (ppm)



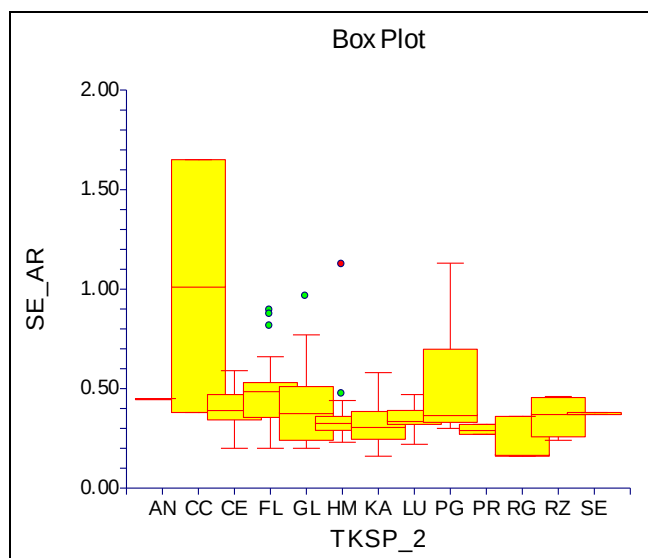
V rámci Bazálního monitoringu se vyskytuje celkem 13 půdních typů. Jelikož z literárních pramenů vyplývá, že obsah selenu v půdě značně závisí na geologickém podloží, které v mnoha případech významnou měrou ovlivňuje genezi půdních typů, bylo provedeno také vyhodnocení závislosti celkových obsahů Se na půdním typu. Střední hodnoty (mediány) obsahů selenu v ornici a podorničí jsou uvedeny v tabulce 4, graficky vyjádřeny grafem 6. Odhad střední hodnoty (mediánu) a hodnot dolního a horního kvartilu, včetně zobrazení odlehklých hodnot je zobrazen pomocí krabicového diagramu (graf 5).

Nejvyšší obsahy byly zjištěny v černicích. Tyto hodnoty jsou významně vyšší než obsahy v ostatních půdních typech. Jedná se však pouze o 2 monitorovací plochy.

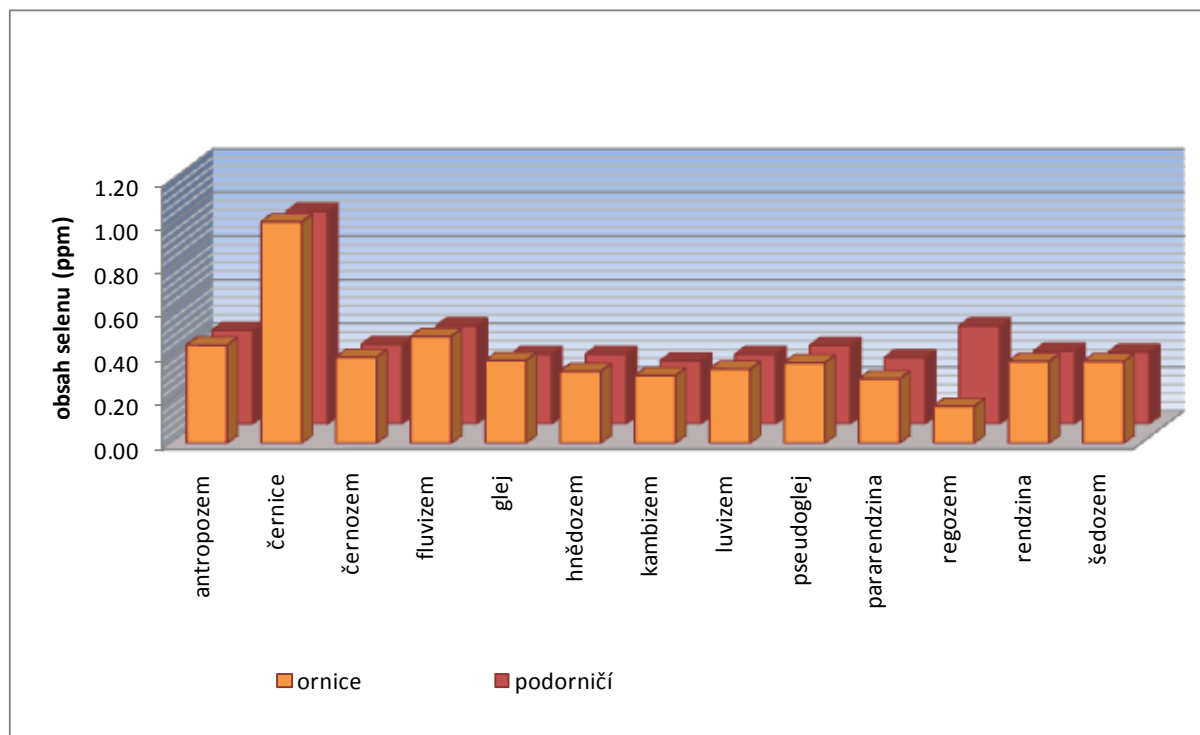
Tabulka 4. Střední hodnoty obsahů selenu na plochách BMP – dle půdních typů (medián; ppm)

		Počet ploch	ornice	pod- orničí
Antropozem	AN	1	0.45	0.43
Černice	CC	2	1.02	0.98
Černozem	CE	18	0.40	0.37
Fluvizem	FL	29	0.49	0.45
Glej	GL	11	0.38	0.32
Hnědozem	HM	39	0.33	0.32
Kambizem	KA	73	0.31	0.29
Luvizem	LU	13	0.34	0.32
Pseudoglej	PG	16	0.37	0.36
pararendzina	PR	2	0.30	0.31
Regozem	RG	3	0.17	0.45
Rendzina	RZ	4	0.38	0.34
Šedozem	SE	2	0.38	0.33

Graf 5. Krabicový diagram obsahů selenu pro jednotlivé půdní typy (ppm)



Graf 6. Střední obsah (medián) selenu v jednotlivých půdních typech (ppm)



Závěr

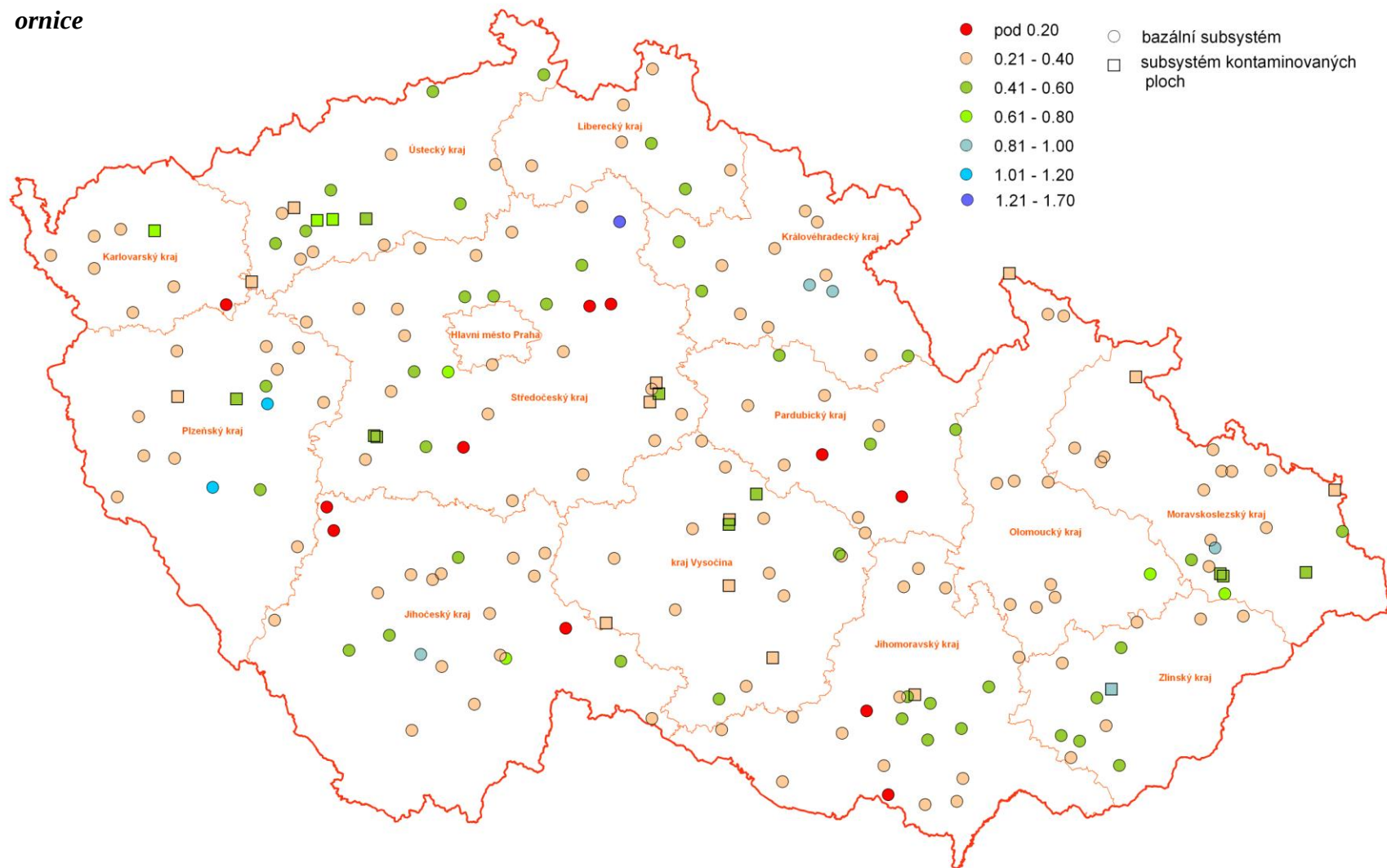
- Bylo analyzováno 469 vzorků půd z 213 monitorovacích ploch.
- Rozsah naměřených hodnoty činí 0,14 – 1,65 ppm, střední hodnota (medián) pro ornici 0,35 ppm, pro podorničí 0,33 ppm. 85 % naměřených hodnot leží v intervalu 0,21 – 0,6 ppm. Tyto hodnoty odpovídají běžným obsahům uváděným v literatuře.
- Mezi obsahy selenu v jednotlivých krajích nebyly prokázány rozdíly. Nejvyšší mediány byly zjištěny v Ústeckém a Zlínském kraji.
- Mezi obsahy selenu v půdách dělených podle jednotlivých kultur nebyly prokázány rozdíly.
- Na plochách BMP se vyskytuje 13 půdních typů. Nejvyšší obsahy byly naměřeny v černicích (pouze 2 monitorovací plochy). Zjištěné rozdíly jsou významné.

Literatura

- Adams M.L., Lombi E., Zhao F.J. et McGrath S.P. (2002): *Evidence of low concentration in UK bred-making beat grain*. J. Sci. Food Agric., 82:1160-1165.
- Adriano, D., C. (2001): Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. 2nd edition. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, 867 p., ISBN 0-387-98678-2.
- Alfthan G., Bogye G., Aro A. et Feher J. (1992): *The human selenium status in Hungary*. J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis., 6:233-238.
- Eurola M., Hietaniemi V., Ekholm P. et Varo P. (2000): *Effect of increasing selenate supplementaion level in fertilizers on the selenium content of fous and selenium intake in Finland*. Vienna.
- Eurola, M. et al. (2004) *Selenium content of Finnish oats in 1997 – 1999: effect of cultivars and cultivation techniques*. Agricultural and food science. vol. 13, 46-53.
- Fang, W. X. et Wu, P. W. (2004): *Elevated selenium and other mineral element concentrations in soil and plant tissue in bone coal sites in Haoping area, Ziyang County, China*. Plant and Soil. 261: 135-146.
- Feng, Renwei, Chaoyang Wei, Shuxin Tu et Fengchang Wu (2009): *Effects of Se on the uptake of essential elements in Pteris vittata L.* Plant Soil. 325: 123-132.
- Fischer, J.; Bosse, A. et Pallauf, J. (2008): *Effect of selenium deficiency on the antioxidative status and muscle damage in growing turkeys*. Archives of Animal Nutrition. 62 (6): 485-497.
- Koutník, V., Šimek, J., Kizek, R. et Ingr I. (2000): Obsah selenu ve svalovině a játrech kuřat. In *Mikroelementy 2000 : sborník přednášek XXXIV. semináře o metodice stanovení a významu stopových prvků v biologickém materiálu*. 1. Český Těšín : Ing. Václav Helán - 2 THETA. 86-88. ISBN 80-86380-04-1.
- Lyons, G. H., Genc Y., Soole K., Stangoulis J. C. R., Liu F. et Graham R. D. (2009): *Selenium increases seed production in Brassica*. Plant Soil. 318: 73-80.
- McGregor, A. L., Johnson-Maynard J. L., Strawn D. G., Shafii B., Möller G. (2008): *Plant uptake and leaching of selenium in manure- and gypsum-amended soils of the western phosphate resource area*. Soil Science. 173 (9): 613-623.
- Mihailovic M., Lindberg P. et Jovanovic I. (1996): *Selenium content in feedstuff in Serbia (Yugoslavia)*. Acta Veter. (Yugoslavia), 46: 343-348.
- Pezzarossa, B., Remorini, D., Piccotino, D., Malagoli, M. et Massai, R. (2009): *Effects of selenate additon on selenium accumulation and plant growth of two Prunus rootstock genotypes*. J. Plant Nutr. Soil Sci. 172: 261-269.
- Ruprich, J. et Řehůřková, I. (2003): *Selen. Dietární expozice selenem v České republice*. <http://www.chpr.szu.cz>. (accessed July 26, 2010).
- Sager, M. (2002): *Vertical mobility of Selenium, Arsenic and Sulfur in Model Soil Columns*. Die Bodenkultur. 53 (2): 83-103.
- Turakainen, M., Hartikainen H., Sarjala T. et Seppänen M. M. (2008): *Impact of selenium enrichment on seed potato tubers*. Agricultural and Food Science.17: 278-288.

Příloha 1. Obsah celkového selenu (Se) ve vzorcích ornice (svrchního horizontu) a podorničí (spodního horizontu) Bazálního monitoringu půd (ppm)

ornice



Příloha 1.(pokračování) Obsah celkového selenu (Se) ve vzorcích ornice (svrchního horizontu) a podorníčí (spodního horizontu) Bazálního monitoringu půd (ppm)

podorníčí

