



# VĚDECKÝ VÝBOR FYTOSANITÁRNÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

<b>Klasifikace:</b>	Draft	<input type="checkbox"/>	<i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
	Oponovaný draft	<input type="checkbox"/>	<i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
	Finální dokument	<input type="checkbox"/>	<i>Pro oficiální použití</i>
	Deklasifikovaný dokument	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Pro veřejné použití</i>

Název dokumentu:

## Riziko pěstování brambor v půdách kontaminovaných těžkými kovy

Poznámka:

VVF-11-02  
Zpracovatel: Ing. Jaromír Zrůst, CSc. (VÚBHB)

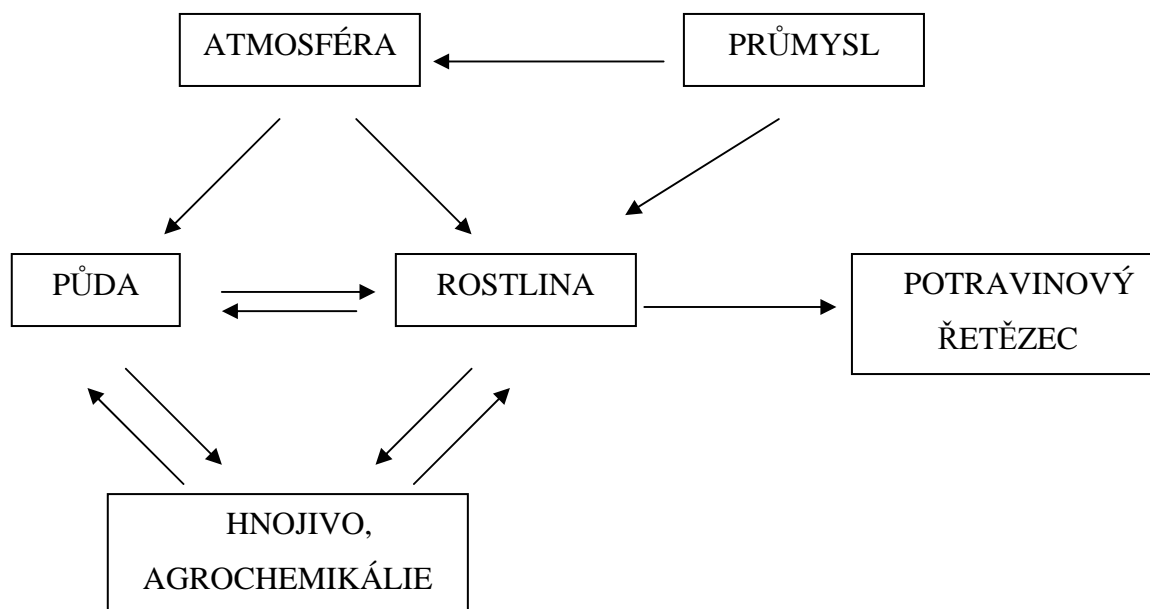
**Obsah**

	str.
1. Úvod	3
2. Význam cizorodých prvků v životním prostředí a zdroje kontaminace	5
3. Rizikové prvky u bramboru	10
4. Možnosti omezení vstupu cizorodých látek do potravního řetězce a zaměření výzkumu v této oblasti	28
5. Literatura	31

## 1. Úvod

Zachování zdravého životního prostředí je v současné době jedním z vážných problémů lidstva. Důležitou úlohu přitom sehrává antropogenní činnost, která intenzivně využívá přírodní prostředí (obr. 1). Zejména zemědělství je vystaveno vstupům mnoha látek, které jsou mu cizí. Jedním z negativních projevů antropogenní činnosti je právě zamoření potravního řetězce cizorodými prvky, které se dostávají do půdy a vody a odtud do rostlinných orgánů používaných k výrobě potravin. Rostlinami mohou být tyto prvky rovněž přijímány i přímo z atmosféry.

Obr. 1. Vzájemné vztahy v koloběhu rizikových prvků, které jsou podmíněny antropogenní činností (Richter, Hlušek, 1994).



Za cizorodé látky (xenobiotika) jsou označovány takové látky, které nejsou přirozenou součástí rostlinných a živočišných potravin a krmiv, popř. netvoří zákonem povolené a zdravotně nezávadné přísady. Jinými slovy se za cizorodé látky zpravidla považují ty, které jsou nebezpečné pro zdraví a život člověka. Jejich přirozený výskyt v půdách a rostlinách je až na výjimky nepatrný a je výsledkem zvětrávacích pochodů. Vlivem činnosti člověka však do tohoto procesu vstupují i cizorodé prvky, které jsou nejčastěji atmosférického původu a pocházejí ze spalovacích procesů. Dalšími významnými činiteli jsou i nepříznivé podmínky pro rozptýl emisí.

Situace v úrovni kontaminace půd v ČR byla považována ještě v 80tých letech minulého století za poměrně vážnou. Facek (1985) uvádí, že vlivem průmyslových,

energetických a automobilových exhalátů je snižována produkční schopnost půd zhruba na 700 tisíc ha. Podle výsledků celoplošného průzkumu z r. 1996, který prováděl ÚKZÚZ však bylo zjištěno, že stav kontaminace půd rizikovými prvky v naší republice je podstatně lepší než se původně předpokládalo a je žádoucí usilovat o jeho zachování. Přesto v ČR celková výměra půdy, u které se nachází některý z prvků v nadlimitním obsahu činí 197 900 ha, z toho např. u Cd 42 tisíc, u Be 6 800 ha. Výměra půd na území ČR s nadlimitním obsahem Ni je 21 700 ha. Tato plocha představuje 0,7 % podíl z celkové výměry a jedná se o třetí největší plochu ze sledovaných cizorodých prvků v půdách u nás (Mazanec, 1997).

Ke konci roku 1998 ÚKZÚZ ukončil kompletaci databáze základních odběrů pro bazální monitoring půd. Výsledky z analýz jsou uvedeny v tab. 1 (MZe ČR, 1998).

Tab. 1. Registr kontaminovaných ploch – počty a procenta analýz s překročením maximálně přípustných hodnot obsahu rizikových prvků podle půdního druhu v České republice (vyhl. č. 13/1994 Sb.)

P r v e k	Půdní druh	P o č e t v z o r k ů		
		Celkem analyzováno	nadlimitní	nadlimitní (v %)
Be	lehká	2 463	6	0,24
	ostatní	14 214	32	0,23
Cd	lehká	6 012	683	11,36
	ostatní	34 429	304	0,88
Co	lehká	3 221	98	3,04
	ostatní	19 089	19	0,10
Cr	lehká	6 014	294	4,89
	ostatní	34 438	415	1,21
Cu	lehká	5 479	29	0,53
	ostatní	30 730	133	0,43
Hg	lehká	4 409	15	0,34
	ostatní	28 068	148	0,53
Ni	lehká	5 231	281	5,37
	ostatní	29 892	350	1,17
Pb	lehká	6 015	54	0,90
	ostatní	34 463	434	1,26
V	lehká	3 006	381	12,67
	ostatní	17 501	23	0,13
Zn	lehká	5 483	104	1,90
	ostatní	30 774	151	0,49

Při aktualizovaném vyhodnocení výsledků, oproti minulým letům, bylo opět zjištěno vysoké procento vzorků s překročenými maximálními přípustnými hodnotami (MPH) u lehkých půd, zejména v případě kadmia a vanadu – pro území ČR to bylo 11,36, resp. 12,67 %. Alespoň u jednoho ze sledovaných rizikových prvků byly MPH u všech půd překročeny v 1,23 % případů. U prvků s převažujícími fyto toxickými účinky na rostliny byly MPH překročeny v 1,19 % případů a u prvků se zootoxickými účinky v 1,53 % případů.

S rozvojem moderního průmyslu a techniky stoupá celosvětově i produkce a spotřeba těžkých kovů a metaloidů. Tento stav s sebou přináší i zvyšování jejich koncentrace v životním prostředí člověka, což je vážný hygienický a ekologický problém jehož význam narůstá především v průmyslově rozvinutých zemích.

## **2. Význam cizorodých prvků v životním prostředí a zdroje kontaminace**

Rizikové prvky jsou potenciálně nebezpečné. Zároveň jsou nebezpečné pro zdraví a život člověka tím, že jsou toxické, karcinogenní (způsobují rakovinu) a ohrožují přirozené životní procesy v organismu. Za nejnebezpečnější je považováno kadmium, ale podle Beneše (1994) nelze podceňovat ani nebezpečí olova, rtuti, chrómu a arsenu.

Nejzávažnější jsou ty prvky, které mají relativně malé zastoupení v ekosystémech a nízkou hranici toxicity. Mezi nejnebezpečnější patří podle Sáňky (1996) kadmium, olovo, rtuť, dále zinek, nikl, měď, chrom, arsen, molybden, kobalt, cín a také potenciálně toxické prvky vanad, berylium, thorium a selen. Zatímco organické látky v životním prostředí podléhají nepřetržitou činností bakterií a plísní chemické degradaci, kovy těmto pochodům odolávají a dokonce v některých případech půdní mikroorganismy a bakterie ve vodách umožňují vstup toxických kovů do komplexů s organickými látkami a tím mění, nebo dokonce znásobují jejich toxicitu.

Toxicita není jevem, který by s sebou přinášel výhradně člověk. I v přirozených ekosystémech se mohou vyskytovat koncentrace látek, které mají nepříznivé důsledky na rostlinné a živočišné populace, je to však jev spíše výjimečný a bez širšího dosahu na přirozenou funkci ekosystémů. I v toxikologii životního prostředí „rozhoduje dávka“. Tedy každá látka je potenciálně toxická, liší se pouze hranice toxicity, kterou je nutné posuzovat jak z hlediska fytotoxicity, tak z hlediska zootoxicity.

Při vyšším obsahu rizikových prvků v půdě, než jsou jejich určené limitní hodnoty, sice nemusí vždy docházet k jejich transferu do pěstovaných plodin, ale při několikanásobném překročení určeného limitu je již tento transfer prokazatelný. Výskyt pozemků, u kterých byl zjištěn takovýto vysoký obsah, byl zaznamenán např. u Cd v okresech Příbram a Kutná Hora. Znečištění půdy tímto prvkem a dalšími vyplývala ve všech případech z antropogenní činnosti, a to především v důsledku imisí ze zpracovávaných kovů a nekontrolovatelného používání kalů z čistírenských vod (Mazanec, 1997). Podle emisní situace (atmosférické spady) je nutno i v budoucnu počítat s nepříznivým vlivem některých rizikových prvků. Ani jejich stanovený podlimitní obsah v půdě totiž, nejen podle našich zkušeností (viz Kolář et al., 1990) nezaručuje, že rostliny na této půdě pěstované budou vždy obsahovat jejich

tolerovatelné množství. Z hygienického hlediska je rozhodující, zda se tyto prvky kumulují v částech, které jsou využívány ke konzumaci.

Působení jednotlivých rizikových prvků na rostliny je značně variabilní. Proto je třeba ke každé pěstované plodině přistupovat individuálně. Obecně je obsah rizikových prvků zvýšen v plodinách, u kterých se sklízí celá nadzemní biomasa. Vyšší obsahy rizikových prvků byly např. zjištěny ve vojtěšce, v seně z trvalých travních porostů, v řepném chrástu.

Petříková (1990) vypracovala stupnici pořadí kontaminace u osmi druhů plodin na základě nejnižšího a nejvyššího obsahu čtyř nejzávažnějších rizikových prvků – kadmia, rtuti, olova a arsenu – zjištěných v těchto plodinách. Brambory se umístily uprostřed, tj. na čtvrtém místě. Hodnocení nasvědčuje tomu, že hlavním zdrojem kontaminace rostlin je zřejmě znečištění ovzduší. Nejvyšší obsah rizikových prvků byl v objemné píci (jetelotrávě), nejnižší v zrninách, zejména v luskovinách, které jsou vůči ovzduší chráněny nejdokonaleji uvnitř lusku. Tento záměr potvrdil autorce též vztah obsahu toxických prvků v lučném seně k intenzitě výskytu velmi omezených atmosférických srážek. Čím méně pršelo, tím vyšší obsah kadmia, olova a arsenu byl nalezen v lučném seně.

V práci jiných autorů vykazovaly prvky vyextrahované z půdy významné korelace s kovy v rostlinách. V listech bramboru to byly kromě kadmia též zinek, nikl a měď.

Do skupiny cizorodých prvků patří i těžké kovy. Těžké kovy jsou termínem pro velkou skupinu prvků, které jsou průmyslově nebo biologicky významné. Charakterizování chemických prvků, které jsou součástí biologických a abiotických systémů je velmi složité. Je pro ně možno používat další synonyma, jako stopové prvky, stopové kovy, těžké kovy, mikroživiny, mikroelementy, také vedlejší prvky (Adriano, 1986). Z hlediska přesnější charakteristiky do skupiny těžkých kovů spadají všechny prvky, jejichž měrná hmotnost je vyšší než  $5 \text{ g.cm}^{-3}$ . (Tomáš, 2000).

Bencko et al. (1995) dělí stopové prvky do 4 skupin: 1. esenciální, 2. pravděpodobně esenciální, 3. neesenciální, 4. toxické prvky. Do první skupiny se řadí z hlediska jejich nevyhnutelnosti pro rostlinný a živočišný organizmus např. prvky: Fe, I, Cu, Co, Mn, Se, Cr atd. Ve druhé skupině jsou prvky, u nichž esencialita nebyla ještě úplně prokázána. Jsou tu zařazené: Ni, F, Br, V, Sr aj. Ve třetí skupině je 20 - 30 prvků, které se stabilně vyskytují v různých koncentracích při stavbě rostlinných a živočišných organismů a současné znalosti o jejich účasti v metabolických procesech v organismu prozatím nedovolují jejich zařazení do některé z předcházejících skupin. Jsou zde zařazené: Al, Ge, Si, Ag, Au, Ti, Rb a další. Obsah těchto prvků v organismu je v přímé závislosti na znečištění životního prostředí. Ve čtvrté skupině mají prvky negativní účinky na organismus již při nízkých koncentracích.

Do této skupiny jsou zařazované: Cd, As, Pb, Hg a podle našeho mínění (Zrůst et al. 2002a) by zde mělo být zařazeno rovněž Be, které výše zmiňovaný autor řadí do druhé skupiny.

Za určitých podmínek působení chemických prvků a jejich zařazení do skupiny toxických má pouze omezenou platnost zejména z hlediska dávka - účinek a délka expozice. Na základě tohoto posouzení se za toxické považují všechny, které jsou přijímané v poměrně vysoké dávce a dostatečně dlouho.

Z rizikových prvků představují nejzávažnější problém těžké kovy, ze kterých se za nejvíce nebezpečné považují kadmium, rtuť, olovo a chrom. Obsah uvedených prvků byl na celé výměře orné půdy ČR prozkoumán pracovníky ÚKZÚZ v období let 1990 až 1993.

Průměrný obsah kadmia v půdě se v jednotlivých okresech tehdy pohyboval v rozpětí od 0,13 do 0,52 mg.kg<sup>-1</sup>. Z provedeného průzkumu vyplývalo, že obsah kadmia na převážné výměře zemědělské půdy byl v té době hluboko pod limitním obsahem a dosahoval pouze 25 % jeho hodnoty.

Průměrný obsah chrómu v půdě se v jednotlivých okresech pohyboval v rozpětí 2,79 mg až 12,64 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsah chrómu na rozhodující výměře půdy byl nízký a nedosahoval ani čtvrtiny hodnoty limitního obsahu.

Průměrný obsah rtuti v půdě se v jednotlivých okresech pohyboval v hodnotách od 0,05 mg do 0,18 mg.kg<sup>-1</sup>. Ze zjištěných údajů je zřejmé, že podíl půd kontaminovaných rtutí byl bezvýznamný a prakticky na veškeré výměře půdy nepřekračoval její obsah 16 % hodnoty limitního obsahu.

Průměrný obsah olova se v jednotlivých okresech pohyboval od 10,8 mg do 36,5 mg.kg<sup>-1</sup>. U většiny vzorkovaných pozemků nedosahoval obsah olova ani jedné třetiny limitní hodnoty. Na rozdíl od kadmia, chrómu a rtuti se však vysoké obsahy olova nalézaly ve větším počtu okresů. I v těchto případech se však jednalo o výskyty ojedinělé a celková situace v rámci ČR byla příznivá.

Výskyt pozemků s obsahem některého ze sledovaných kovů vyšším než limitní obsah nebyl v rámci ČR významný. Celková výměra orné půdy s nadlimitním obsahem některého z těchto kovů činila 85 900 ha, tj. 2,6 % z celkové výměry. Z výsledků průzkumu vyplývalo jako hlavní poznatek, že naše půdy nejsou prozatím po stránce obsahu těžkých kovů nebezpečím pro potravní řetězce.

Podle „Situační a výhledové zprávy MZe ČR a VÚZE“ (1995) to však neznamenovalo, že se upustí od sledování obsahu těžkých kovů v půdě. Bude systematicky sledován vývoj obsahu rizikových prvků v půdě a to v rámci monitorování zemědělské půdy na souboru

vybraných lokalit a dále bude zjišťován obsah těchto prvků na pozemcích s předpokládanou aplikací zemědělsky využitelných odpadů.

Těžké kovy jsou přítomné ve všech nekontaminovaných půdách jako výsledek zvětrávání matečních hornin. V každé půdě však může být obsah jednoho nebo i více prvků značně zvýšen, jak bylo výše uvedeno, nejrůznější antropogenní činností. Pokud se týká zemědělní půdy, je znečištění a kontaminace způsobena různými vlivy. Podle Beneše (1990):

- a) činností různých odvětví národního hospodářství, jako je energetika, průmysl, doprava, těžba a zpracování nerostných surovin. Značné znečištění přichází v úvahu i v okolí městských aglomerací,
- b) přímou aplikací vědomě používaných látek k ochraně zemědělských kultur, proti chorobám a škůdcům (fungicidy, insekticidy, herbicidy), nebo ke zvýšení půdní úrodnosti nejrůznějšími druhy hnojiv, závlah apod.

Půda je jednou ze základních podmínek života na Zemi a přesto dochází k jejímu neustálému ubývání a snižování její přirozené úrodnosti. Zdravé životní prostředí bude podle tohoto autora jen tehdy zdravé, budou-li zdravé všechny jeho složky, tj. půda, voda a vzduch, které tvoří jeden celek, v němž, pokud se týká akumulace, má prioritní význam půda. Z hlediska dnešní hygieny a čistoty půdy se domnívá, že v porovnání s hydrosférou a atmosférou je čistotě půdy věnována malá pozornost, což je zřejmě způsobeno tím, že čistý vzduch i vodu můžeme poměrně dobře definovat, zatímco u půdy tomu tak není.

Vzhledem k mnohem pevnějším vazbám těžkých kovů v půdě je její znečištění trvalé, nezvratné, projevuje se skrytě a je těžko kontrolovatelné. Projevuje se později než u rostlin, a to hlavně snížením přirozené kvality půdy a tím i produkce, což je často kompenzováno zvýšeným použitím různých hnojiv. Tím není řešena situace půdy jako takové, ale situace hlavně producentů nejrůznějších odpadů. V poslední době je totiž patrná snaha o likvidaci nejrůznějších odpadů buď přímým použitím, nebo cestou kompostování. Většina z nich má zcela evidentně vysoké až toxické množství těžkých kovů.

Jak v citovaném článku prokázal, největším potenciálním zdrojem znečištění půd těžkými kovy jsou kaly z čistíren odpadních vod a průmyslově vyráběné komposty. Tyto vstupy značně převyšují jednak množství kovů dodávaných do půdy průmyslovými hnojivy a jednak množství prvků odebraných z půdy pěstováním plodin. Zde existují mezi plodinami značné rozdíly. Zatímco některé druhy rostlin jsou na toxicitu těžkých kovů (Cd, Pb, Hg, Cr, As, Cu, Zn aj.) extrémně citlivé, jiné jsou schopné růst i na půdách silně kontaminovaných. V případě nejextrémnějších forem tolerance akumulují rostliny neobvykle vysoká množství těžkých kovů (obsah Ni, Zn nebo Pb je vyšší než 1 % sušiny, ale jsou známy případy mnohem



vyšší akumulace, např. modrozeleně zbarvený latex stromu *Sebertia acuminata* obsahuje až 11 % niklu). Koncem minulého století se již ve světě šlechtily rostliny na hyperakumulaci těchto rizikových prvků (Domažlická, 1992). Další možností jak snížit obsah nežádoucích prvků v půdě prověřovali Ust'ak a Váňa (1998) využitím energetických rostlin k odstraňování rizikových prvků z kontaminované půdy.

Neméně důležité pro bilanci rizikových prvků ve sférách životního prostředí jsou vstupy prvků do půd zvětráváním, atmosférickými spady, ale i jejich výstupy v důsledku eroze, vyplavení podzemními vodami a odnosem sklizní zemědělských plodin. Celkové vstupy prvků do půd jsou u Cd 3x, u Hg, Pb, As, Zn 2x a u Ni 1,2x vyšší, než jsou jejich celkové výstupy. Největším zdrojem vstupů jsou atmosférické spady, které jsou u Hg 17x, u Pb 12,4x, u As 6x, u Ni 2,2x, u Cd 1,6x, u Co a Cu 1,4x a u Zn 1,2x vyšší, než jsou vstupy celkových prvků aplikací průmyslových a organických hnojiv. Vstupy těžkých kovů do půd atmosférickými spady činí u Hg 91 %, u Pb a As 82 %, u Cd a Ni 60 %, u Zn a Cu 53 %, u Co 35 % a u Cr 21 % z celkových vstupů prvků zvětráváním hornin, aplikací hnojiv a atmosférickými spady (Beneš, Benešová, 1993). Uvedená bilance rizikových prvků se týká zemědělských půd. V práci se autoři pokusili zpracovat rámcovou bilanci hlavních rizikových prvků v atmosféře, pedosféře, hydrosféře a biosféře. Jsou si vědomi obtížnosti a jen omezené platnosti zpracování takové bilance. Uvedené hodnoty pokládají za rámcové s poukazem nutnosti je dalšími pracemi zpřesňovat. Při zpracování vycházeli z průměrné charakteristiky materiálů, které se v přírodě podílejí na vstupu a výstupu prvků ze sledovaného koloběhu.

Znalost zatížení jednotlivých složek životního prostředí a hodnocení z toho plynoucích rizik je základním předpokladem pro realizaci preventivních a nápravných opatření směřujících k omezení negativního působení na lidský organismus. Rezidua cizorodých látek představují nejdříve riziko pro zdravotní nezávadnost jak krmiv hospodářských zvířat, tak i potravin, včetně možných změn jejich technologických vlastností. Hodnoty obsahu cizorodých látek v potravinách v minulosti, v tehdejší ČSSR, v mnoha případech převyšovaly hodnoty udávané pro vyspělé státy a mnohdy byly poměrně vysoké. V Zemědělských aktualitách (1989) jsou uvedeny příklady látek, které byly zjišťovány ve vyšších hladinách a blíží se nebo překračují celkový přívod ADI (acceptable daily intake – přípustný denní příjem) stanovený světovou zdravotnickou organizací: kadmium – 90 % ADI (u kuřáků 120 % ADI i více); olovo – 90 % ADI; polychlorované bifenyly – 90 % ADI; dusičnany – 90 % ADI; oxid siřičitý jako aditivní látka v potravinách až 40 % ADI (u konzumentů vína podstatně více – 1 l tržního vína představoval vyčerpání až 200 % ADI).

MZe jež má ve svém resortu i péči o potraviny, organizačně i finančně podporuje sledování cizorodých látek v potravinách i v ostatních článcích potravních řetězců, které mohou ovlivňovat zdravotní nezávadnost finálního produktu zemědělské a potravinářské výroby. Vhodnou formou (Ročenky od r. 1993) informuje veřejnost o výsledcích sledování cizorodých, resp. rizikových látek v jednotlivých složkách zemědělského výrobního prostředí. Od r. 1999 je souborná zpráva o trendech monitoringu cizorodých látek v resortu zemědělství uváděna na stránkách zemědělských periodik s odkazy na Internet.

### **3. Rizikové prvky u bramboru**

Kontaminace zemědělských půd rizikovými chemickými prvky a kumulace těchto prvků v rostlinné biomase neovlivňuje pouze konečnou kvalitu a zdravotní nezávadnost potravin, ale působí rovněž na fyziologické projevy rostlin a v konečném důsledku na jejich růst, vývin a výnos (Zrůst et al. 2002a).

Toxické kovy, zejména Zn, Pb a Cd, se dostávají do půdy ve větších množstvích usazováním prachu z průmyslových procesů, z výfukových plynů, z kontaminovaných odpadních vod a hnojiv. Ionty těchto kovů jsou velmi snadno přijímány kořeny, neboť selektivita transportních proteinů je zřejmě nedostatečná pro jejich rozlišení od těch prvků, které jsou pro život rostliny nezbytné. Po vstupu do buněk inaktivují některé enzymy (nitrátreduktázu, enolázu, malátdehydrogenázu, ATPázu) a redoxní systémy. Inhibice dělení a dlouhivého růstu buněk, která se projevuje zejména zpomalením růstu primárního kořene, bývá jedním z prvních příznaků jejich toxického působení. V kořenech také dochází k největšímu hromadění těžkých kovů. Část toxických iontů je přesto translokována i do nadzemních orgánů, kde nejvíce ovlivňuje fyziologické procesy v listech, v první řadě fotosyntézu. V odolnosti rostlin k působení těžkých kovů existují velké rozdíly nejen mezi druhy, ale i uvnitř téhož druhu (Gloser, Prášil, 1998).

Jak již bylo výše uvedeno, působení jednotlivých cizorodých prvků na rostliny je značně variabilní, proto je třeba ke každé plodině přistupovat individuálně. Konkrétně pěstování brambor zaujímá v České republice významné místo a ze strany spotřebitele patří k velmi žádaným komoditám. Důležitým faktorem pro producenty i konzumenty brambor je kromě výnosu hlíz i jejich vnější a vnitřní kvalita, zahrnující zdravotní nezávadnost. Ta je limitována také obsahem cizorodých prvků v dužnině.

Posuzování kvality konzumních hlíz podléhá Zákonu o potravinách a tabákových výrobcích č. 110/1997 Sb. Tento zákon společně s prováděcími předpisy, tj. vyhláškami MZe ČR č. 332/1997 Sb. a MZ (ministerstva zdravotnictví) č. 298/1997 Sb., stanovuje

parametry potravin z celé řady pohledů a dále určuje povinnosti subjektů, které potraviny vyrábějí či uvádějí do oběhu.

Kontrolní orgány, které jsou ze zákona kompetentní vykonávat dozor nad určenými povinnostmi, posuzují potraviny dle limitů uvedených v zákoně a jeho prováděcích předpisech. V případě konzumních brambor tedy pracovníci České zemědělské a potravinářské inspekce (ČZPI) vyhodnocují zjištěné či naměřené hodnoty příslušných dávek konzumních brambor, srovnávají je s požadavky danými zákonem a prováděcími vyhláškami.

Požadavky, které se týkají konzumních brambor při jejich uvádění do oběhu, lze pro přehlednost rozčlenit do 3 skupin (Klanica, 1998).

#### I. Vlastní jakostní požadavky

Tyto určuje prováděcí vyhláška č. 332/1997 Sb. V § 30 této vyhlášky jsou specifikovány požadavky na jakost a zároveň jsou formou příloh stanoveny přípustné odchylky hlíz.

#### II. Požadavky na zdravotní nezávadnost

Požadavky na zdravotní nezávadnost konzumních brambor jsou specifikovány Vyhláškou MZd č. 298/1997 Sb. V tabulce č. 2 je pro přehlednost uveden souhrnný výběr skupin analytů z této vyhlášky, týkajících se konzumních brambor.

Tab. 2. Limity cizorodých látek v konzumních bramborách

U k a z a t e l		NMP* (mg.kg <sup>-1</sup> )	PM** (mg.kg <sup>-1</sup> )
dusičnany	rané brambory (do 15. 7.)		500
	pozdní brambory		300
glykoalkaloidy			200
těžké kovy	arsen	0,3	
	kadmium	0,1	
	měď	3,0	
	nikl	0,5	
	olovo	0,15	
	rtuť	0,02	
	cín		100
	chrom		0,2
	zinek		10
	železo		50

\*NMP – nejvyšší přípustné množství

\*\*PM – přípustné množství

Podrobněji není dále rozváděna skupina reziduí pesticidů vzhledem k jejich vysokému počtu. Kompletní přehled a seznam reziduí pesticidů v potravinách a potravních surovinách je uveden v příloze č. 4 k vyhlášce č. 298/1997 Sb.

Při pohledu na limity obsahu dusičnanů, jež jsou stanoveny jako dusičnanový iont NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ve srovnání s limity obsaženými v předchozích právních předpisech, můžeme konstatovat navýšení limitu obsahu dusičnanů o 100 mg.kg<sup>-1</sup> u pozdních (dříve 200 mg.kg<sup>-1</sup>)

a o  $200 \text{ mg.kg}^{-1}$  (dříve  $300 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) u raných (do 15. 7. – rozumí se roku sklizně). Podobné „změkčení“ lze vysledovat také u limitů obsahu těžkých kovů. V minulých letech bylo zaznamenáno překračování právě obsahu dusičnanů a z těžkých kovů byl v některých oblastech problém s vyšším obsahem kadmia. Stanovením vyšších limitů by se tedy podíl zdravotně závadných dávek z tohoto pohledu měl logicky snížit. Z přirozeně se vyskytujících toxikologicky významných látek byl pak nově stanoven limit pro obsah glykoalkaloidů ( $\alpha$ -solaninu a  $\alpha$ -chaconinu).

Celkově jsou ale požadavky na zdravotní nezávadnost konzumních brambor touto vyhláškou dány méně přísněji a toto „změkčení“ tak více odpovídá limitům platným v ostatních evropských státech. Podrobnější přehled o limitech pro zdravotní nezávadnost brambor a výrobků z nich uvádí Zrůst (1998), jež v pokračování informuje o Vyhlášce ministerstva zdravotnictví č. 322/1999 Sb., kterou se stanoví maximální limity reziduí pesticidů v potravinách a potravinových surovinách (Zrůst, 2000). Oproti Vyhlášce č. 298/1997 Sb. byly u bramborů provedeny nepatrné změny limitu u malého počtu pesticidů a u některých byly zpřesněny jejich názvy.

### III. Požadavky na označování

Tyto požadavky ve srovnání s dříve platnými právními předpisy doznaly největších změn oproti stavu před vydáním této vyhlášky.

Zatímco požadavky uváděné v bodě ad I. týkající se vnější kvality hlíz a vlastních jakostních požadavků ovlivněných chorobami se většinou hodnotí (kromě virových) snadno a odchylky od zdravých hlíz jsou pouhým okem patrné (obr. 2 – 6), u zdravotní nezávadnosti zahrnuté v bodě ad II. je třeba nejdříve hlízy podrobit chemickým analýzám. Příprava hlíz na ně bývá zdlouhavá, vlastní měření se provádí na drahých přístrojích a nebývá rovněž jednoduché. (Obr. 2 – 6 byly použity s laskavým svolením pracovníků odd. ochrany VÚB.)



Obr. 2. Řez napadenou hlízou plísní bramborovou



Obr. 3. Fomová hniloba – příznaky napadení na povrchu hlízy



Obr. 4. Řez napadenou hlízou s fomovou hnilobou



Obr. 5. Fuzáriová hniloba na hlíze bramboru



Obr. 6. Napadení hlíz plísní a mokrou hnilobou-smíšená infekce

Poškození vysokými hladinami cizorodých prvků může být na porostu brambor pouhýma očima patrné (obr. 7 a 8), nebývá však bez chemické analýzy natě identifikovatelné. Určit poškození některým z cizorodých prvků počítaje v to i těžkých kovů na hlízách je bez chemické analýzy ještě obtížnější, resp. nemožné.



Obr. 7. Porost brambor ovlivněný As – vlevo 2 řádky odr. Rosara, vpravo 2 ř. odr. Korela. Ve předu – prvá parcelka (10 trsů) var. 4 dodáno do půdy 120 mg As.kg<sup>-1</sup>, směrem dozadu var. 3 – 60 mg As.kg<sup>-1</sup>, var. 2 – 30 mg As.kg<sup>-1</sup>, var. 1– 4,5 mg As. kg<sup>-1</sup>, vzadu kontrola (vždy po 10 trsech) I. blok pokusu, vzadu další pokusný blok



Obr. 8. Porost brambor ovlivněný Be – vlevo 2 řádky odr. Rosara, vpravo 2 ř. odr. Korela. Ve předu – první parcelka (10 trsů) var. 4 dodáno do půdy 28 mg Be.kg<sup>-1</sup>, směrem dozadu var. 3 – 14 mg Be.kg<sup>-1</sup>, var. 2 – 7 mg Be.kg<sup>-1</sup>, var. 1– 2 mg Be. kg<sup>-1</sup>, vzadu kontrola (vždy po 10 trsech) ti. I. blok pokusu. vzadu další pokusný blok

Ve světě se na této problematice pracovalo v převážné většině s jinými druhy rostlin než s bramborami. U bramboru se především zjišťoval obsah Cd v hlízách, které se konzumují. Průměrné obsahy Cd jsou v nich 0,032 mg.kg<sup>-1</sup> č.h. (Bokyoung et al., 1994). Bylo zjištěno, že koncentrace Cd v hlízách závisí kromě jeho obsahu v půdě také na podmínkách prostředí a z velké části také na přítomnosti chloridů (Maier et al., 1996). Ionty Cl<sup>-</sup> totiž zvyšují mobilitu Cd a jeho přístupnost pro rostliny (McLaughlin et al., 1994). U brambor hnojených KCl zjistil Sparrow (1994) o 20-30 % vyšší obsah Cd než u brambor hnojených jinými než chloridovými formami draselných hnojiv. Tým autor poukazuje na snižování příjmu Cd při aplikaci hnojiv se síranovou formou. Podle Smitha (1994) je obsah Cd ovlivňován také pH půdy, a to zejména v bramborových slupkách.

Dalším aspektem je také vliv ročníku (Truby, Raba, 1990). Nejvyšší koncentrace Cd bývá v kořenech, střední ve stoncích a nejnižší v hlízách. Ocker et al. (1984) uvádí, že vařením nebo smažením se snižuje obsah Cd o 30-40 %. Přirozený obsah cizorodých prvků v bramborových hlízách po jejich oloupaní a kuchyňské úpravě, popř. vyřazení nejmenších hlíz, nepředstavuje žádnou hrozbu pro zdraví člověka (Davies, Crew, 1983).

Cd je v bramborových hlízách akumulováno v dvojnásobném množství oproti kořenům kukuřice (Rietz, Kucke, 1992).

Koncentrace dalšího z rizikových prvků – As se podstatně liší mezi rostlinnými druhy (Kabata-Pendias, Pendias, 1984). Z rostlin je As hodně kumulován v obilninách (pšenice, ječmen, oves) zatímco v menším množství je kumulován v řepce, lnu, bramborách či krmné řepě (Vincenc et al., 1996). Značné množství As se vyskytuje v kapradinách (Amonoo, 1996). Také vyšší houby se vyznačují schopností poutat zvýšené množství As (Vetter, 1993). Na obsah As je citlivá vojtěška u níž As podporuje příjem Cd, Cu a Pb (Zhou, Gao, 1994). As je nezbytným prvkem pro červené řasy (Markert, 1992).

Na toxické působení As mohou mít dominantní vliv i některé fyzikální vlastnosti půd, např. na těžkých půdách při přidání As v koncentraci  $1000 \text{ mg.kg}^{-1}$  se tempo růstu rostlin snížilo o 90 %, ale na lehkých půdách se stejného efektu dosáhlo již při koncentraci  $100 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Woolson, Axley, 1973).

As patří k málo známým prvkům, pokud se týká působení u rostlin bramboru. Jeho obsah se pohybuje v rozmezí od 30 - 200  $\mu\text{g As.kg}^{-1}$  sušiny (Kabata-Pendias, Pendias, 1984). Podle Kapustky et al. (1995) se v kontaminovaném prostředí mohou projevit příznaky toxicity, jejichž důsledkem je zpomalení růstu a snížení výnosu. Markert (1992) rovněž zdůrazňuje zpomalení růstu a snížení výnosu jako nejčastější příznaky toxicity As, ke které dochází zejména tím, že As je v rostlinách poměrně mobilní. Na kontaminované půdě As je negativně ovlivňován výživný stav rostlin tím, že se snižuje obsah mikroelementů v nati i hlízách, což může být příčinou sníženého výkonu rostliny.

Průměrný obsah Be v bramborových hlízách, jak uvádí Hofele (1994), dosahuje hodnot 0,002 – 0,003  $\text{mg.kg}^{-1}$ . Be je v bramborové hlíze podle téhož autora rozmístěno poměrně rovnoměrně s výjimkou slupky, kde se nachází 7 x více Be než v ostatním pletivu. Jak konstatují Karblane et al. (1997), prakticky všechny cizorodé prvky se akumulují nejvíce ve slupce. Všeobecně platí, že nejvyšší koncentrace cizorodých látek se vyskytuje v malých hlízách. Čím větší hlíza, tím více koncentrace klesá. Obsah se snižuje také loupáním, smažením nebo vařením. Koncentrace prvků v bramborových hlízách závisí kromě jejich obsahu v půdě také na podmínkách prostředí, z velké části také na přítomnosti chloridů.

Přirozený obsah cizorodých prvků v bramborových hlízách, jestliže jsou oloupany a kuchyňsky připraveny, popř. jsou vyřazeny nejmenší hlízy, nepředstavují žádnou hrozbu pro zdraví člověka (Davies, Crews, 1983). Vápnění je nejefektivnějším prostředkem pro snižování fytoxicity a obsahu těžkých kovů v bramborách, a to zejména na kyselých půdách. Podle McLaughlina et al. (1994) má značný vliv na obsah cizorodých prvků i odrůda.

Obecně se ovšem Be v rostlinách bramboru dle dosavadních studií nevyskytuje ve vysokých koncentracích, a proto neovlivňuje ve větší míře chemické složení brambor. Nutné je ovšem připomenout, že obsahy Be v bramborách v okolí průmyslových závodů, jež jsou zdrojem znečištění, jsou mnohem vyšší než v nekontaminovaných oblastech. To dokumentují i Pazdiak a Wlodek (1979), kteří v průmyslových oblastech naměřili v bramborách až  $0,16 \text{ mg Be} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Tak jako se vyšší obsah As, Be a Cd nachází v rostlinách poblíž uhelných elektráren, kde jsou v důsledku emisí ze spalování uhlí půdy těmito prvky silně kontaminovány, vyskytuje se zvýšený obsah Ni ve znečištěném životním prostředí v okolí hutí zpracovávajících Ni (Dässler et al. (1982). Již dříve zjistili Vetter et al. (1974), že důležitým faktorem je vzdálenost zdroje, dále omytí, případně očištění potravin, čímž se dosáhne výrazného snížení obsahu olova, kadmia, mědi a zinku v potravě. Až ve vzdálenosti více jak 4 km od hutí se hodnoty toxických kovů blížily k normálním hodnotám, v případě Ni to bylo ve vzdálenosti 3 km (Dässler et al., 1982).

V bývalém Československu se o tuto problematiku zajímali např. v okolí závodu na výrobu hliníku Rippel (1967), v okolí tepelné elektrárny na spalování méně hodnotného uhlí Balážová et al. (1980), obsahem kovů v zelenině pěstované v okolí závodu na výrobu niklu Uhnák, Rippel (1990). Při hodnocení obsahu chrómu a niklu zjistili posledně jmenovaní autoři, že u chrómu nedosahovaly maximální hodnoty nejvyšší přípustné koncentrace  $0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . U niklu překročily tento limit pouze dvě hodnoty nalezené v rajských jablíčkách. U bramboru byl v prvním roce pokusů průměrný obsah Ni  $0,17$  s minimem  $0,15$  a maximem  $0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  č.h. Ve druhém pokusném roce byl průměr nižší  $0,143$  s minimem  $0,11$  a maximem  $0,23 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  č.h. Značná část maximálních nálezů v okolí hutí na zpracování Ni jakožto i všechny průměrné obsahy Ni v zelenině byly zvýšené téměř dvojnásobně vůči literárním pramenům (Taktakišvili, 1963; Balážová et al., 1980; Ellen et al., 1987).

Rozdílné plodiny měly v pokusu zařazeny Solovjeva a Goluber (1981), kteří zjišťovali vliv minerálního hnojiva na akumulaci těžkých kovů v rostlinách v modelovém pokusu prováděném během let 1974 - 76 s bramborami odr. Lorch, karotkou odr. Nantéská a krmnou řepou hnojených různými NPK hnojivy. Jednotlivě P a K hnojiva měla malý nebo žádný vliv na koncentraci těžkých kovů v rostlinách. Dusíkatá hnojiva zvyšovala obsah Ni, V a Cr. Tento obsah překročil maximální přípustnou koncentraci Ni a Cr v karotce. Krmná řepa byla též negativně ovlivněna. Naopak u bramboru aplikace komplexního minerálního hnojiva dala vysoký výnos a obsah těžkých kovů v hlízách byl zachován v přípustných limitech.



Při porovnání různých druhů rostlin vykázaly brambory, podle obou autorů, větší "rezistenci" vůči kumulaci toxinů než karotka.

Přehled o kovech v životním prostředí (rozmístění, jejich analytiku a biologickou významnost – závažnost) podrobně zpracovali Merian et al. (1991). Ocker et al. (1984) prověřovali v náhodných vzorcích odebraných hlíz a výrobcích z brambor v letech 1979 - 82 koncentrace Pb, Cd, Zn a Ni. Průměrné hodnoty u posledně jmenovaného prvku se pohybovaly od 0,03 do 0,06 mg.kg<sup>-1</sup>. Tyto hodnoty byly nižší než udává v Německu ZEBS ("Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien"). Tito autoři naopak nezjistili rozdíly v obsahu těžkých kovů u konvenčně a organicky pěstovaných brambor. Experimentální ruční a strojové loupání snížilo obsah Cd a Zn o 10 - 20 %, u niklu o 40 - 50 %, neboť nikl je, jak bylo výše uvedeno, koncentrován v korové vrstvě.

V pokusech, ve kterých bylo dodáváno do vegetačních nádob o obsahu 4 litrů 30 g substrátu z neobdělávaných příměstských ploch, zvýšilo koncentraci kovů v hodnocených vzorcích natě a hlíz. Konkrétně v případě Ni se zvýšil jeho obsah v nati bramboru (Karam et al, 1998). Přímým zjištěním vlivu pH půdy na hladiny stopových prvků mj. bramboru se zabývali Oborn et al. (1995). Koncentrace Zn, Mn, a Ni v zrnu a Cd ve slámě pšenice, Cd, Ni, Zn, Mn, Cu a Al v hlízách bramboru a Cd, Ni, Zn v karotce ukázaly negativní korelace s pH v ornici (0-25 cm hloubky půdy). Akumulaci Ni u některých zemědělských plodin na farmě ca 50 km od Moskvy sledovali Jogodin et al. (1994). Týkalo se to obsahu Ni v plodinách (mj. i v bramborách) pěstovaných při různých úrovních úrodnosti půdy ve variantách bez hnojiv nebo s 2 a 3 dávkami NPK. Hladiny Ni byly u všech plodin velmi vysoké a překračovaly přípustné hodnoty pro tento prvek.

Obsah těžkých kovů v bramborách, sladkých bramborách a obdělávané půdě analyzovali ve vzorcích ze 162 neznečištěných půd těžkými kovy v Korejské republice Kim-Bok Young et al. (1994). Průměrné obsahy Ni v hlízách bramboru byly 1,041 mg.kg<sup>-1</sup>, kdežto v půdách byl obsah 1,648 mg.kg<sup>-1</sup>. Obsah Ni v hlízách sladkých bramborů byl 0,404 mg.kg<sup>-1</sup> a v půdách, ve kterých byly pěstovány, 2,465 mg.kg<sup>-1</sup>. Při prozkoumávání berylia v hlízách bramboru a v půdách se Hofele et al. (1994) soustředili i na nikl. Analýza vzorků Be z různých částí Německa ukázala, že obsah Be v půdách se pohyboval od 50 do 2.200 µg.kg<sup>-1</sup> sušiny, byl mnohem vyšší v průmyslových oblastech než v zemědělských oblastech a byl v pozitivní korelaci s obsahem ostatních těžkých kovů. Obsah Be v 41 vzorcích hlíz bramboru se pohyboval od 0,8 do 7 µg.kg<sup>-1</sup> sušiny (průměr 2 - 3 µg.kg<sup>-1</sup>). Be a Ni byly relativně homogenně rozšířeny ve vnitřní tkáni hlíz, ale slupka obsahovala 7 x více Be a 2 x více Ni než dužnina. Vlivem dávek jímkových kalů na výnos vybraných plodin (mj.

bramboru) a obsahem těžkých kovů v nich se zabývali Kalembasa a Kuziemska (1991). V polních pokusech se žitem bylo aplikováno v r. 1985 do půdy 20, 40 nebo 60 t jímkových kalů, nebo 25 t statkového hnoje na ha a v letech 1985-87 se zkoumaly účinky NPK a vápnění ekvivalentní aciditě půdy na výnosy v osevním postupu: brambory, ječmen a ozimé žito. Obsah Ni vedle Cd, Cu, Pb a Zn nebyl variantami průkazně ovlivněn, ale měl tendenci se snižovat vápněním.

V jedné z prací autorů Roca a Pomares (1991) vykazovaly prvky vyextrahované z půdy významné korelace s kovy v rostlinách. V listech bramboru to byly Ni, Zn, Cu, Cd, v zrnech kukuřice opět Ni a Cd, Pb, v salátu pouze Zn a Cd. Šest chemických sloučenin se ukázalo být vhodnými indikátory pohotových kovů v rostlinách vyrostlých v půdách obohacených kalem.

Růst kulturních plodin a trav včetně příjmu rizikových látek a dalších prvků (As, Cd, Zn, Cu, Mn) studovali v Nizozemí Smilde et al. (1982). V práci diskutovali zdravotní aspekty ve spotřebě tržních produktů. Nejvyšší koncentrace Cd byla zjištěna v listové zelenině a zrnu pšenice, kdežto nejnižší v hlízách bramboru. Obsah polutantů sušených brambor; krmné pokusy na laboratorních krysách; krmné hodnoty brambor kontaminovaných olovem, kadmíem, zinkem sledovali Szponar et al. (1983). V uzavřených zónách u zdroje emise byl značně vyšší obsah těžkých kovů Pb, Cd a Zn v hlízách bramboru, než tomu bylo ze vzdálenějších polí. Obsah těžkých kovů v půdách a porostech v okolí metalurgických závodů v Polsku sledoval také Curzydlo (1988). Potvrdil, že ve slupce hlíz bramboru našel více těžkých kovů než v dužnině nezávisle na vzdálenosti od zdroje znečištění. Velmi nízké koncentrace těžkých kovů (pod přípustnou hranicí) zjistili Tripathi et al. (1988) v hlízách bramboru z varianty, kde byly použity závlahové kaly, ačkoliv se v půdě obsahy Cu, Cd, Zn, Fe a Ni zvyšovaly.

V pokusech na kyselé písčité půdě v Berlíně-Malchově v rotaci tří plodin: brambory – žito – jílek mnohokvětý byly aplikovány každoročně jímkové kaly (Machelett et al., 1990). Dohromady za 9 let bylo dodáno 26 nebo 52 t kalů v přepočtu na sušinu nebo 496 t suchého steliva s kaly na ha. Stelivo (50 – 70 % sušiny) značně zvýšilo obsahy Cd, Cu, Ni, Pb a Zn v půdě po devíti letech a obsah Cd překročil povolený limit v půdě, kdežto použité čerstvé kaly (3 – 5 % sušiny) průkazně zvýšily pouze obsah Cu. Autoři vypočítali lineární regresní funkce vztahů obsahu těžkých kovů mezi půdou a rostlinou. Obsahy Cd a Zn u rostlin byly v těsné korelaci s obsahy v půdě, ale Cu a Pb ukázaly slabší korelace. Obsahy Cd a Zn klesaly v pořadí *Lolium multiflorum* > hlízy brambor > zrna žita.

S jímkovými kaly pracovali rovněž Diez et al. (1992) na okraji Mnichova na ploše 0,63 ha, na kterou bylo dříve dodáno v průběhu desetiletého období > 600 t sušiny jímkových kalů s velkým množstvím těžkých kovů. Plocha byla rozdělena do 4 sekcí. Na sekci (a) nebyly již dodány žádné další kaly, (b) 100 t kalů v sušině v letech 1980 a 1984 bez kontaminace těžkými kovy, (c) 100 nebo (d) 2 000 t vápnem ošetřeného kalu. Do pokusu bylo zařazeno 12 plodin včetně brambor. Průměrný výnos zrna obilovin v letech 1981 – 89 byl v jednotlivých sekcích následující (a) 4,50 (b) 4,63 (c) 4,88 a (d) 4,68 t.ha<sup>-1</sup>. Výnos krmné řepy se zvyšoval v pořadí (a) < (b) < (c) < (d). Výnos ostatních plodin byl nejvyšší v (b) a nejnižší v (a). Příjem těžkých kovů byl různý v širokém rozsahu jak mezi plodinami tak roky. Tyto údaje byly dány obsahy ve sklizených produktech a týkaly se Pb, Cd, Cr, Cu, Ni a Zn. U většiny plodin byly obsahy Pb, Cd, Cr a Zn vyšší ve slámě a listech než v zrnech nebo skladovaných orgánech. Faktory transferu (obsah v rostlině : obsah v půdě) byly pro všechny těžké kovy nižší než u normálních hladin těchto prvků v půdě. Dodání vápna ke kalu redukovalo dostupnost Cd, Zn a Ni. Obsahy Cd a Pb v produkci zrna určené pro lidskou spotřebu byly nad přípustnou hladinou. Množství Cd a Pb v zrnu kukuřice, žitě a jarním ječmeni a v hlízách brambor nepřekročily v žádném roce přípustné hladiny pro krmiva.

Vliv silničního provozu na hladinu Pb a Cd v plodech a růstu plodin podél okrajů silnic zkoumali Igwebe et al. (1992). Vzorky plodů (hroznové víno, granátová jablka a rajčata) a zelenina (cibule, brambory /bývají často počítány do této skupiny plodin/ a špenát) byly soustředěny přímo z náhodně vybraných farem podél silnic Tripoli – Zawiya ve vhodné sklizňové sezóně během celého období května až listopadu 1988. Statistická analýza experimentálních údajů ukázala, že větší (hlavní) silnice průkazně přispívají ( $P < 0,05$ ) k vyšší koncentraci olova ve všech zkoumaných plodinách, a kromě toho Cd ve všech plodinách kromě brambor. Plodiny měly vyšší obsahy těchto dvou kovů než mělo ovoce. Značné množství těchto kovů může být odstraněno trojím opráním vzorků v destilované vodě.

Na Slovensku zkoumali vliv závlah na obsah některých cizorodých látek v zavlažovaných plodinách (Blašková, Pis, 1994). Závlahy hrají důležitou úlohu při snižování obsahu nitrátů v bramborách a zelenině. Přímo po závlaze bývá obvykle obsah nitrátů vyšší. při sledování vlivu závlahy na obsah těžkých kovů (Cd, Pb, Hg) v produktech nedospěli autoři k exaktním závěrům v případech Cd a Pb. Zdůrazňují, že toto téma je velmi náročné, neboť se bere v úvahu velký vliv vnějších faktorů při příjmu těžkých kovů rostlinami. Stejnou tematikou se zabývá jeden z výše uvedených autorů (Blašková, 1994). Pokusy prováděla na experimentální stanici Výzkumného ústavu závlahového hospodářství v Mostě u Bratislavy, kde nejsou půda ani voda kontaminovány Cd, Pb a Hg. Závlaha a způsob užití hnojiv neměly

vliv na obsah Hg u brambor. Obsah Cd a Pb v hlízách brambor nepříznivě ovlivnil růst brambor v podmínkách zavlažování a při aplikaci průmyslových hnojiv a stájových hnojiv pokud tato nejsou dostatečně vyzrálá, neboť fulvokyseliny a jejich komplexy s Cd a Pb nejsou tak stabilní jako komplexy s huminovými kyselinami. Za těchto podmínek je ovlivňován příjem těžkých kovů rostlinami. Pro vysvětlení tohoto faktu je nutné znát formy Cd, Pb a Hg v půdě a jejich rozmístění v rostlině po jejich přijetí (kořeny, hlízy, listy).

Grün et al. (1994) se ve svém příspěvku na konferenci zabývali těžkými kovy v potravním řetězci se zvláštním zřetelem na jejich transfer z půdy do rostliny ve vztahu k výživě zvířat a akumulaci těžkých kovů v těle zvířat. Znečištění městských půd a zahradních plodin těžkými kovy sledovala Baidina (1995) v půdě pastvinných oblastí a na zahradách, zároveň v produktech rostlinné výroby v Novosibirsku v Rusku. Hladiny Pb, Zn, Cu, Ni, Cr a Co v bramborách a jiných plodinách byly daleko pod přípustnou koncentrací reziduí, ačkoliv množství olova v bramborách, řepě a rajčatech překračovalo pozadí 1,5x. Obsahy Cd byly u plodin na hladině nebo pod hladinou pozadí a dosahovaly maxima přípustných koncentrací.

Některé práce se zabývají obsahem stopových prvků v základních potravinách, např. Brüggemann a Kumpulainen (1995) rozebírají účinek zpracování potravin (obilí a brambor) na obsah 11 stopových prvků, konkrétně vliv mletí, pečení a vaření brambor. Získané výsledky z reprezentativních vzorků zkušebních materiálů souhlasily s dříve zveřejněnými údaji pro staré spolkové země Německa.

Patnáct stopových prvků, jejich obsah a distribuci v krajině Tambovské oblasti a biogeochemických pásmech jejího území studovali Protasova et al. (1996). Zjištěné průměrné obsahy stopových prvků u bramboru a dalších sedmi druhů rostlin uvedli v tabulkách. V jiné části zeměkoule, v Bulharsku, zkoumal ve dvouletém pokusu Draškov (1996) možnosti pro užití čištěné odpadní vody k zavlažování brambor. Kromě zvýšení výnosu zjistil v hlízách zvýšený obsah Zn a Fe nad jejich přípustnou koncentrací.

Kontaminaci osmi těžkými kovy u vybraných pěti plodin včetně brambor pěstovaných v oblasti Mazovieckých rafinerií a petrochemických závodů sledoval Indeka (1996). Obsah sloučenin těžkých kovů analyzoval mj. ve vztahu ke vzdálenosti od zdroje znečištění. Kvalitu kořenové zeleniny (karotky a petržele) a hlíz brambor pro lidskou výživu s ohledem na standardní hladiny aminokyselin stanovené FAO hodnotili Michalík a Mikula (1997) na Slovensku na farmě Porubka, kde půdy splňovaly hygienickou vhodnost, pokud se týkalo těžkých kovů (Cd a Pb), nitrátů a radionuklidů <sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs a <sup>131</sup>Cs. Kořenová zelenina i brambory měly nízkou koncentraci proteinů (nejvyšší hodnoty naměřené v čerstvém

materiálu byly 1,2 %). Tyto proteiny měly dobrou výživnou kvalitu. Byla potvrzena předpokládaná koncentrace esenciálních aminokyselin.

Těžkými kovy v bramborách se v Estonsku zabývali Kaerblane et al. (1997). Zjistili, že Pb, Cd, Hg jsou vždy v menším množství přítomny v bramborách, než v této zemi povolují příslušné předpisy pro konzumní brambory. Norma připouští pro Pb 3,0; pro Cd 0,2 a pro Hg 0,1 mg.kg<sup>-1</sup> v sušině. Ze vzorků shromážděných ze 69 různých regionů Estonska obsahoval pouze jediný více Cd, a to 0,22 mg.kg<sup>-1</sup> sušiny. V další práci titíž autoři Kaerblane et al. (1999) pokračovali ve studiu příjmu stejných těžkých kovů různými odrůdami brambor.

V Polsku se zabývali Golinowska et al. (1997) rozdílnými vstupy do okopanin pěstovaných v okolí závodu na zpracování mědi. Zjistili, že tento závod „Glogow“ měl na nejbližší okolí velmi negativní vliv. Během celého období existence (přes 20 let) emitoval podíl prachu, těžkých kovů a průmyslových plynů, zvláště sloučeniny síry. Cílem této studie bylo šetření struktury přímých vstupů do pěstovaných okopanin, jmenovitě cukrové řepy a brambor ve 2 okruzích ekologických rizik, a to 6 a 12 km od závodu. Tyto studie ukázaly, že hospodářství situovaná v I. zóně od závodu více potřebují intenzivní ochranu rostlin než farmy ve II. zóně. V další práci pocházející z Polska studoval Dworakowski (1997) obsahy nitrátů a těžkých kovů v zemědělských plodinách v Bialostockém a Lomzyském vojvodství. Zjistil, že přípustný obsah těžkých kovů byl překročen v malém počtu vzorků, a to pouze nepatrně oproti platným předpisům vydaným ministerstvem zdravotnictví a sociální péče ve směrnicích ze dne 31. 3. 1993.

Srovnávací analýzu mezi rychlostí příjmu chemických prvků zeleninou uskutečnily Chipeva a Marinova-Garvanska (1998). Účelem studie bylo stanovit rozdíly v rychlosti absorpce chemických prvků u tří zelenin: hlávkového zelí, brambor a hlávkového salátu po užití kalů jako hnojiva. Nejvyšší rychlost absorpce N a K<sub>2</sub>O, jakož i těžkých kovů Zn a Mn byla zjištěna u hlávkového salátu. Nejvyšší rychlost absorpce z živin mělo K<sub>2</sub>O a z těžkých kovů Zn a Mn u všech tří rostlinných druhů. Rychlost absorpce Pb a Cd byla u nich minimální a konkrétně u hlávkového salátu byla prakticky téměř nulová. Podobné zaměření výzkumu měli Trepanier et al. (1998), kteří zkoumali vliv prostředí při aplikaci kalů na půdu a kvalitu vody v půdě.

V poslední době se objevují práce s rostlinami pěstovanými v podmínkách *in vitro* ovlivněné ionty těžkých kovů (Rohozynskii et al. 1998). Tento tým autorů sledoval fytoxicitu Sr, Cr, Ni, Co a Cd konkrétně v kulturách *in vitro* brambor a švestky domácí (*Prunus domestica*). Relativní toxicita těžkých kovů je diskutována ve vztahu k jejich akumulaci v kořenech a výhoncích. Růst a vývoj *in vitro* rostlin bramborů v mediu s vyššími

koncentracemi těžkých kovů (Pb, Cd, Zn, Cu) sledovala Leonova (1999). V pokusech zjistila, že Cd a Pb jsou toxické při koncentracích 400, resp. 25 mg.l<sup>-1</sup>, které překročily maximálně přípustné koncentrace deseti- resp. padesátinásobně. Pro Zn a Cu byla toxická koncentrace 180, resp. 5 mg.l<sup>-1</sup>.

V Egyptě se El-Marsafy (1999) zabýval určením některých rizikových kontaminantů v *Ismailia governorate*, aby přispěl k poznatkům jak velké nebezpečí hrozí pro lidské zdraví nebo prostředí. Z těžkých kovů monitoroval Pb, Cd a Cu. Celkově zahrnul do studia 110 vzorků sestávajících ze 40 druhů rostlin, mezi nimi brambory, 40 půd a 30 vod. Detekoval velké množství reziduí pesticidů i ve vzorcích hlíz brambor. Rezidua Cu byla v nízkých koncentracích. Rezidua Pb a Cd se pohybovala od nedetekovatelného množství k velmi nízkým koncentracím.

Žádoucími a naopak nežádoucími stopovými prvky v obilí, bramborách a olejninách se zabýval Brüggemann (1999). Stanovil pomocí zemědělského monitorovacího programu průměrné obsahy nežádoucích prvků (Pb a Cd) v pšenici a žitě, které reprezentují hodnoty pro Německo. Diskutuje přesun těchto prvků ze suroviny dalších plodin do vyráběných produktů v potravinářském sektoru a sektoru výroby krmných směsí. Změny v obsahu stopových prvků v hlízách bramboru způsobené organickou a minerální výživou zjišťovali Prośba-Bialczyk a Mydlarski (2000). Autoři sledovali vliv organominerálního hnojiva „Humidol“ použitých v dávkách 0; 15 a 30 t.ha<sup>-1</sup> a minerálního, resp. průmyslového hnojiva NPK na obsah stopových a rizikových prvků (Cd, Pb, As, Cu, Fe, Hg, Mo, Se) na růst brambor a na znečištění půd. Aplikace Humidolu snižovala obsahy As, Cu, Cd, Pb a zvyšovala koncentraci Mo v hlízách bramboru. Vysoká dávka fosforu (200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) nezpůsobila průkazné změny v obsahu těžkých kovů u bramboru. Za daných půdních a klimatických podmínek byla akumulace Cd, Cu, Pb a Mo velmi závislá na genetických rozdílech mezi oběma odrůdami brambor (Ania a Lawina) použitými v pokusu. Obdobnou problematiku publikovanou rovněž v Polsku řešili Kostecka, Blażej (2000) s použitím vermikompostu.

Translokací Cu v systému půda – rostlina se zabývali Lukin et al. (2001). V pokusech měli zařazeno šest plodin včetně brambor. Použili pět hladin kontaminace půdy. Výsledky potvrdily těsnou korelaci mezi celkovým obsahem Cu v půdě a jeho koncentrací v rostlinách. Brambory měly tendenci absorbovat Cu z půdy. Koncentrace v hlízách a v nati byly přibližně totožné. V Egyptě zkoumali působení kalu zlepšujícího půdní podmínky pro výnos brambor, dostupnost fosforu a obsah těžkých kovů (Sherif et al., 2001). Kaly byly použity ve čtyřech zvyšujících se dávkách. Brambory reagovaly na aplikované jímkové kaly zvýšeným výnosem.

Rovněž příjem stopových prvků (Fe, Zn a Mn) a těžkých kovů (Pb a Ni) se zvyšovaly se zvyšující se dávkou kalu do půdy a jeho příjmem rostlinou, ale kritická hladina toxicity těchto prvků nebyla dosažena. Koncentrace Cu, Cd a Cr naopak nereagovala na zvyšující se dávky kalu.

Obsahem dusičnanů a dusitanů v bramborách pěstovaných ekologickým a konvenčním způsobem na farmách se zabývala Rutkowska (2001). Autorka doporučuje s ohledem na nízkou hladinu dusičnanů podávat brambory vypěstované na ekologických farmách dětem a nemocným lidem a upozorňuje, že pro úplnou bezpečnost by měl být v hlízách rovněž stanoven obsah kontaminantů (jmenovitě těžkých kovů).

V poslední době se zvyšuje zájem o aplikace ekologických kompostů (tzv. biokompostů) ze zpracovávaných odpadků jako půdních zlepšovačů. Cílem experimentů prováděných Bartlem et al. (2002) bylo sledování vlivu rozdílných systémů hnojení: ekologický kompost a minerální výživa kombinovaným hnojivem NPK (83:52:95 kg.ha<sup>-1</sup>) na výživu a obsah těžkých kovů v půdě i rostlině. Půdní vzorky (z r. 1997) a produkty sklizně (z let 1996 – 98) z měření půdy (které začaly v r. 1992) byly analyzovány na obsahy K, Mg, P, Cu, Mn, Mo, Zn, Cd, Ni a Pb. Hnojení biokompostem po dobu pěti let neovlivnilo celkový obsah Cd, Mn, Mo a Ni v půdě. Celkově obsahy Zn a Pb v půdě byly průkazně vyšší v půdách ošetřených biokompostem než u nehnojené kontroly. Obě hnojené parcely (biokompostem a NPK) měly sklon k vyššímu obsahu Cu a Zn ve sklizňových produktech než nehnojená kontrola. Minerální hnojení inhibovalo příjem Mo rostlinami. V r. 1998 vedlo minerální hnojení k vyššímu a aplikace biokompostu k nižšímu obsahu Cd v hlízách brambor v porovnání s kontrolou.

Tento stručný literární přehled zahraničních prací není vyčerpávající. Pouze jsem jím chtěl naznačit šířku řešené problematiky a poukázat na problémy s cizorodými látkami vyskytujícími se v půdě, vodě i ovzduší a přijímanými přes rostliny bramboru do potravního řetězce.

V naší republice se rizikovými prvky u této plodiny zabývali v převážné většině pouze pracovníci MZLU v Brně, konkrétně z Ústavu agrochemie a výživy a Ústavu pěstování a šlechtění rostlin, VÚ bramborářského v Havlíčkově Brodě z oddělení fyziologie, chemie a jakosti bramborů.

Kontaminaci brambor rizikovými prvky v oblasti imisní zátěže řešili Belan a Zimolka (1991). Čtrnáct dnů po počátku tvorby pupat byla chemickými analýzami zjišťována akumulace Fe, Zn, Mn, Pb, Cu, Ni, Cr, Cd, Co a Hg v listech, lodyhách, hlízách a po sklizni hlíz ještě v kořenech. Akumulace sledovaných kovů probíhala v největším množství (kromě

zinku) do listů, méně do kořenů, lodyh a hlíz. Orgány, které se hlavně podílejí na příjmu živin, akumulují větší množství kovů, než je tomu u orgánů zásobních – hlíz.

Rovněž v naší republice se někteří pracovníci zabývali možnostmi ovlivnění mobility těžkých kovů v půdě, např. Hlušek (1993). Ten zjistil, že výnos brambor nebyl ovlivněn aplikovanými sorbenty (ionex, humát, bentonit), došlo však k významnému snížení těžkých kovů v nati působením humátu a bentonitu, který významně snížil také obsah Zn v hlízách. Že půdní reakce ovlivňuje jak příjem, tak i mobilitu (přístupnost nebo přijatelnost) živin je z literatury dostatečně známo. Nároky vybraných plodin na půdní reakci uvádí např. Richter (1997). Půdní reakce patří též mezi faktory ovlivňující pohyb cizorodých látek v půdě – např. Cd, Pb, Hg. Kadmium je např. nejpohyblivější při pH 4,5 – 5,5. S jeho rostoucí hodnotou rozpustnost sloučenin Cd klesá, pH pod 6 zvyšuje rozpustnost Pb, pH nad 6 snižuje rozpustnost Hg. Kadmium se značně imobilizuje jílovými minerály a huminovými kyselinami (Richter, Hlušek, 1994). Stejní autoři upozorňují, že toxicitu As lze zmírnit aplikací síry, rovněž dobrá výživa rostlin P snižuje jeho jedovaté účinky.

Hodnoty reziduí cizorodých látek hodnotí pravidelně Česká zemědělská a potravinářská inspekce. O vývoji jakosti brambor v r. 1993 referoval Zezula (1994). Rezidua byla v tomto roce v souladu s danými limity. Z 11 analyzovaných vzorků nevyhověl směrnici o obsahu toxických kovů jediný pro zvýšený obsah Cd.

Cílem práce Hluška et al. (1996a) bylo studium vztahu mezi výživou brambor prováděnou v norfolkském osevním postupu aplikací kejdy a průmyslových hnojiv v interakci s vybranými rizikovými prvky (Cd, Pb, Cr, Hg). Zjištěný obsah cizorodých prvků signalizoval, že rostliny bramboru během vegetace citlivě reagovaly na zvýšenou koncentraci Cd v živném prostředí, kterou kopíroval obsah Cd v rostlinách (dvojnásobná koncentrace v půdě – dvojnásobná koncentrace v rostlinách). Na zvýšený obsah Pb v půdě byly brambory daleko méně citlivé. Nejvyšší obsah Cr v rostlinách z kontrolní varianty svědčily o tom, že brambory tento prvek přijímají nezávisle na jeho koncentraci v prostředí. Brambory se jeví jako výnosově tolerantní plodina ke zvýšené hladině cizorodých prvků v půdě.

V roce 1995 získal tým pracovníků VÚB a MZLU u Grantové agentury ČR grant č. 503/95/0185 týkající se stability produkce a kvality velmi raných brambor. Cílem projektu bylo mj. získat podklady o obsahu dusičnanů a těžkých kovů v hlízách u vybraných velmi raných odrůd brambor při různých hladinách hnojení dusíkem. O prvních výsledcích autoři referovali na semináři uskutečněném v H. Brodě v r. 1996 (Hlušek et al., 1996b). O rok později tito autoři publikovali již tříleté výsledky týkající se výnosu brambor a obsahu Cd, Ni, Zn v hlízách (Hlušek et al. 1997a). Pokusy byly založeny na dvou stanovištích s přirozeným



obsahem těchto cizorodých prvků v půdě. Vzorke hlíz k chemickým analýzám byly odebrány devadesátý den vegetace. Obsah Cd, Ni a Zn nepřevýšil v hlízách povolené hygienické normy. Významné rozdíly byly zjištěny mezi odrůdami, roky a oběma stanovišti. Holandské odrůdy kumulovaly podstatně méně Cd. Zvýšením dávky N z 60 na 120 kg.ha<sup>-1</sup> narůstal rovněž i obsah všech tří sledovaných prvků. Ve Valečově u H. Brodu byly naměřeny průkazně nižší koncentrace všech tří prvků než v Žabčicích u Brna. Rok 1996 se od předchozích dvou významně lišil sníženou koncentrací prvků v hlízách. Týž rok autoři referovali v Polsku o akumulaci Cd a Ni v hlízách raných odrůd brambor pěstovaných na dvou lokalitách (Hlušek et al., 1997b). Rovněž na konferenci s mezinárodní účastí v Brně, věnující se novým pohledům na jakost produktů rostlinné výroby, přednesli referát týkající se vlivu konvenčního hospodaření na jakost raných brambor (Hlušek et al., 1997c). V příspěvku uvedli kromě průměrného obsahu Cd, Ni a Zn v hlízách v r. 1995 i naměřené průměrné hodnoty dusičnanů a podíl těchto sledovaných faktorů v % na obsahu cizorodých látek v hlízách. Vypočítali korelační koeficienty pro vztahy těchto látek v hlízách s jejich statistickou významností. Obecná doporučení pro další výzkum, šlechtění, kontrolu a praktické pěstování brambor vycházející z literárních zdrojů a výše uvedených výsledků prací publikovali Zrůst et al. (1997).

V dalším příspěvku se totiž autoři (Hlušek et al. 1998a) zabývali obsahy Fe, Mn a Cu v hlízách stejných odrůd, tj. Impaly, Ukamy – holandských a Krystaly, Koruny – českých, opět na dvou stanovištích (jako v předchozích případech) v letech 1994 – 96. Obsah Fe kolísal od 3,15 mg.kg<sup>-1</sup> (odr. Impala) do 3,76 (odr. Ukama). Holandské odrůdy kumulovaly méně Mn než odrůdy české. Obsah Cu byl po celé pokusné období na obou lokalitách pod povoleným limitem 3 mg.kg<sup>-1</sup> čerstvých hlíz a vyšší koncentrací se vyznačovaly odrůdy holandské. Při zvýšení dávky N ze 60 na 120 kg.ha<sup>-1</sup> se koncentrace Fe v hlízách snížila, obsah Cu se zvýšil a u Mn se vliv N neprojevil. Ve Valečově byl zjištěn průkazně nižší obsah Mn a Cu v hlízách než v Žabčicích. V případě Fe nebyl mezi lokalitami podstatný rozdíl. Rok 1996 se vyznačoval významně sníženým obsahem Mn a Cu a zvýšenou koncentrací Fe v hlízách. Kvalitě brambor z pohledu rizikových prvků v závislosti na odrůdě, hnojení a lokalitě pěstování se věnovali v dalším příspěvku (Hlušek et al., 1998b). Poznatky z těchto pokusů přednesli na osmých fyziologických dnech v Olomouci (Hlušek et al., 1998c). O těchto pokusech z r. 1997 rovněž referovali Hlušek, Rop (1998). V polních pokusech na obou stanovištích se prokázalo, že rané odrůdy zařazené v těchto pokusech při pěstování v půdách s přirozeným obsahem těžkých kovů nekumulují tyto prvky v hlízách v nadlimitním množství a splňují tak požadavky na kvalitu.

O výnosových parametrech velmi raných odrůd brambor (Krystala a Impala) na půdě kontaminované Cd, Be a As v nádobovém pokusu se zmiňují Rop, Hlušek (1998). V pokusu byl prokázán negativní vliv As na výnos. Tento depresivní účinek byl způsoben zejména snížením počtu hlíz na jednu rostlinu, a to u obou odrůd. Nejvyšší dávka Be negativně ovlivnila výnos u zahraniční odrůdy. Na stupňované dávky Cd žádná z odrůd nereagovala negativně. O tomto nádobovém pokusu v souvislosti se stupňovanými dávkami Be na chemické složení natě a hlíz brambor referují Hlušek, Rop (1999). Stupňované dávky Be statisticky významně zvýšily obsah Be v nati a hlízách. Obsahy N, Mg a Cd v nati se také zvýšily. Obsahy Fe, Cd a Mn v hlízách se rovněž zvýšily, avšak obsah Mg se snížil. Odrůda Impala obsahovala více K, Cu a Zn v nati a méně P, Fe a Mn než odr. Krystala. V hlízách měla více N, P, K, Ca i Zn odr. Impala. Vliv stupňovaných dávek As na kvalitu raných brambor v tomtéž nádobovém pokusu rozebírají Rop, Hlušek (1999). Tyto dávky As zvýšily jeho obsah v nati i hlízách. V nati byla také vyšší koncentrace N, P, Mg a Cd, obsah Ni a Fe byl nižší. Obsah Fe a Cd v hlízách se snížil. Odr. Impala obsahovala více K, Ca, Cu a Zn v nati. V hlízách téže odrůdy bylo více P, K, Ca, Mg Zn a méně Ni. U obou odrůd bylo při nejvyšší kontaminaci As překročeno nejvyšší přípustné množství As v hlízách, které činí  $0,3 \text{ mg As.kg}^{-1}$ , a to u Krystaly o  $0,0896 \text{ mg}$  a u Impaly o  $0,0064 \text{ mg As.kg}^{-1}$  č.h.

Zda-li je české bramborářství připraveno na produkci kvalitních konzumních brambor odpovídají Zrůst a Vokál (1998). Podrobněji rozebírají jednotlivé požadavky na kvalitní produkci hlíz, včetně chemických požadavků na zdravotní nezávadnost potravinových surovin, tak jak je uvádějí jednotlivé vyhlášky vydané za tímto účelem.

Vliv lokality a způsobu pěstování na chemické složení hlíz brambor zkoumali pracovníci Ústavu chemie a analýzy potravin VŠCHT z Prahy v rámci projektu COST 915 „Consumer oriented quality improvement of fruit and vegetable products” (Guziur et al., 2000). Polní pokus byl realizován ve spolupráci se Zemědělskou fakultou JU v Č. Budějovicích. Brambory byly pěstovány ekologicky a konvenčně na dvou lokalitách (Jindřichův Hradec, Vodňany). Pro srovnání bylo vybráno 8 odrůd brambor. Bylo provedeno stanovení kyseliny askorbové, chlorogenové a glykoalkaloidů (metody HPLC), dusičnanů (izotachoforéza) a prvků Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Hg, Pb (AAS/ICP). Pro statistické vyhodnocení výsledků byl použit T-test a vícerozměrná postupná lineární diskriminační analýza a analýza hlavních komponent (PCA). Pokud se týká minerálních látek, obsah žádného ze sledovaných prvků nepřesáhl ve sledovaných letech hygienický limit. Obsah Pb a Hg byl pod detekčním limitem metody. Byl zaznamenán výrazný rozdíl mezi lokalitami i způsobem pěstování. Taktéž vliv roku byl statisticky významný. Mezi lokalitami

byly největší rozdíly v obsahu Co, Cd a Mn. Vliv ročníku se projevil nejvíce v obsahu Zn, Fe a Mn a vliv pěstování byl největší na obsah Cu a Zn. Obsah Cu byl většinou u ekologicky pěstovaných vzorků vyšší. Pro celkové statistické hodnocení ze souboru dat se oddělily minerální látky, které byly hodnoceny zvlášť. Byl u nich zjištěn výrazný rozdíl mezi ročníkem, lokalitou i způsobem pěstování. Odrůda neměla na obsah minerálních látek téměř žádný vliv.

Koncentraci nitrátů v hlízách z pokusu zaměřeného na sledování cizorodých látek v letech 1995 – 97 popisují Hlušek et al. (2000).

Výsledky z nádobového pokusu o vlivu As na chemické složení bramborové natě a hlíz rozebírá Rop (2000a), vliv kadmia z téhož pokusu zmiňuje též autor (Rop, 2000b) a konečně vliv Be publikuje o rok později (Rop, 2001). Těmito nádobovými pokusy jsme si ověřovali možnosti metodického zaměření připravovaného projektu podaného u NAZV v r. 1998. Projekt jsme skutečně získali, byl veden pod označením EP9113 s názvem „Rizika pěstování brambor v půdách kontaminovaných kadmíem, arsenem, beryliem“. Závěrečnou zprávu za něj jsme obhájili v r. 2002 (Zrůst et al., 2002b). Výsledky, týkající se vztahu As v půdě k jeho obsahu v bramborách z tohoto pokusu, jsme přednesli na konferenci týkající se půdní úrodnosti (Hlušek et al., 2000). Dále následovali příspěvky Jůzl et al. (2000a), Jůzl et al. (2000b) a Hlušek et al. (2001a). V posledně jmenovaném příspěvku byly shrnuty celkové výsledky z prvního roku pokusů, týkající se obsahu Cd, As a Be v rostlinách brambor při rozdílných hladinách těchto prvků v půdě, z nichž bylo možno učinit následující závěry. Převážná část přijatého Cd, As a Be rostlinami brambor se kumuluje v nadzemní části rostliny. Ke kontaminaci hlíz dochází v závislosti na citlivosti rostliny bramboru k příslušnému prvku, odrůdě a lokalitě pěstování. Dominujícím faktorem se přitom jeví podmínky stanoviště. Obsah Cd v hlízách i v nati se zvyšuje se stupněm kontaminace půdy, ale k překročení limitu v hlízách dochází až při nadlimitním obsahu Cd v půdě. Kumulace Cd v rostlinách je odrůdovou záležitostí, stanoviště při tom hraje rovněž významnou roli. Za normálních půdních a klimatických podmínek je možno brambory považovat za plodinu, která nemá tendence hromadit As v hlízách. Na kontaminované půdě se kumulace zvyšuje v celé rostlině, přičemž ani při nejvyšší hladině prvku v půdě, použité v pokusu, nebylo povolené množství As v hlízách překročeno s tím, že velmi raná odrůda (Rosara) se vyznačovala vyšším obsahem než odrůda poloraná (Korela). Několikanásobně vyšší obsahem As se vyznačovala nat' i hlízy vypěstované ve Valečově oproti druhému stanovišti v Žabčicích. Berylium se ukázalo jako prvek, který se v nekontaminovaných půdních podmínkách do rostliny bramboru vůbec neukládá. Na stupňované dávky Be reagovaly

brambory kumulací v hlízách i v nati, odrůda Rosara více v hlízách, Korela naopak v nati. Valečovské brambory obsahovaly několikanásobně vyšší množství Be v hlízách i v nati. Další poznatky z tohoto pokusu byly publikovány následovně (Hlušek et al., 2001b), Jůzl et al. (2001a), Jůzl et al. (2001b). Celkové tříleté výsledky, týkající se obsahu Cd, As a Be v nati a hlízách, získané z těchto pokusů uveřejnili Zrůst et al. (2002a). Výnosové parametry velmi raných odrůd brambor v nádobovém pokusu s půdou kontaminovanou Ni a Sn uveřejnil Rop (2002). U dávek Ni vycházel z vyhlášky MZ č. 13/1994 Sb., u cínu pro něhož vyhláška kritéria neupravuje, vycházel z literárních údajů o průměrném obsahu cínu v půdách. Byly použity následující dávky: 25; 80; 160 a 320 mg Ni.kg<sup>-1</sup> a 2; 10; 30 a 60 mg Sn.kg<sup>-1</sup> půdy. Stupňované dávky Ni negativně ovlivnily výnos i počet hlíz bramborů. U cínu se jeho negativní účinek na tyto parametry neprokázal v takové míře. Dokonce při hodnotě 10 mg Sn.kg<sup>-1</sup> půdy byl výnos i počet hlíz nejvyšší. I tento nádobový skleníkový pokus byl přípravou pro podání žádosti o projekt u NAZV.

Ani v tomto souboru domácích prací si autor projektu nekladl za cíl uvést vyčerpávající počet všech prací uveřejněných s brambory. Přesto se domnívá, že uvedený výčet prací dává dobrý přehled o práci na tomto úseku vykonané u nás.

#### **4. Možnosti omezení vstupu cizorodých látek do potravního řetězce a zaměření výzkumu v této oblasti**

Existence zdravotních rizik v oblasti výživy je dlouhodobě sledovaná a možno říci, že i dostatečně známá. Stejně úsilí se musí věnovat jejich eliminaci, nebo alespoň minimalizaci v té části potravinového řetězce, kde samovolně či nežádoucími zásahy vznikají.

Již na počátku vstupu cizorodých látek do tohoto řetězce (atmosférické spady, půda, voda, rostliny) si musíme uvědomovat, že vstupní škodlivé látky postihují na jeho konci člověka, který přijme potravou za 50 let života přibližně 10 t sušiny a 40 t vody. Potrava tedy náleží k nejdůležitějším faktorům našeho životního prostředí a zcela evidentně ovlivňuje vývoj a zdravotní stav obyvatelstva. Odhaduje se, že zhruba 70 % nežádoucích vlivů prostředí působí na lidský organismus právě prostřednictvím potravy. Uvádí se, že se u nás počítá na hlavu s roční konzumací přibližně 600 kg hutných potravin a zhruba se 700 litry vody či jiných nápojů.

Význam brambor v našem jídelníčku je dostatečně známý. I když se doporučení rozcházejí, uvažujeme s průměrnou spotřebou 85 kg konzumních brambor na jednoho obyvatele a rok. To znamená sklidit 1,25 milionů tun kvalitních konzumních brambor. Kvalitní produkce je nezbytná, neboť největší část produkce je dodávána spotřebitelům téměř

v té podobě, jak byla vypěstována (po třídění, případně kartáčování či praní), tj. ve slupce. Příčin, které vedou ke snížení kvality hlíz je celá řada, lze je obtížně seřadit podle závažnosti. Tato problematika však již nesouvisí bezprostředně s cizorodými látkami, i když např. posklizňová úprava hlíz (např. loupání) obsah těchto látek ovlivňuje (viz citované práce ve třetí kapitole).

Cizorodé látky se podílejí i na vzniku zhoubných nádorů, jež jsou vyvolány z 80 až 90 % vlivem prostředí a z 35 % (10 – 70 %) mají původ v potravním řetězci. Ročně tak na konci osmdesátých let minulého století ještě v bývalém Československu přibývalo na 50 tisíc pacientů s různými formami karcinomů. Optimisté v té době uváděli, že v r. 2000 zemře u nás každý čtvrtý občan na rakovinu a realisté – dokonce každý třetí (Sova, 1990).

Trvale aktuální tak zůstanou otázky kvality potravin z pohledu hygienického, tedy přítomnosti škodlivých nebo alespoň nežádoucích látek v míře, která už může přinést pro člověka, ale i pro zvířata, zdravotní rizika. Je chválihodné, že v současné době jsou v naší republice zákonem a příslušnými vyhláškami, které již byly dříve zmíněny, ošetřeny zpřísněnou legislativou rezidua pesticidů, těžké kovy resp. rizikové látky a toxická aditiva jak v technologii agrochemikálií, tak i ve způsobu jejich aplikace. Horší je, že kontrolní činnost nad dodržováním těchto vyhlášek není dostatečná, neboť prostředky na tuto činnost jsou limitovány a např. ČZPI nemůže do svého programu zařadit více kontrol. V praxi to znamená, že při kontrole nejsou kontrolovány všechny subjekty působící na trhu konzumních brambor proporcionálně. Proto je třeba omezené prostředky cíleně zaměřit na problémové oblasti, sledovat obsah kontaminantů formou pravidelného monitoringu cizorodých látek. Do budoucna bude třeba posílit kontrolu státu vedoucí ke zvýšení kvality produkce, zejména ČZPI a ÚKZÚZ.

Jaká další opatření tedy přijmout (včetně zaměření výzkumu) pro snížení rizikových prvků v potravinách obecně se zaměřením na konkrétní plodinu brambory, přesněji hlízy a výrobky z nich:

- monitorování obsahů cizorodých látek v základních složkách životního prostředí (ovzduší, vody, půdy), rovněž v dovážených surovinách a potravinách v dostatečné míře,
- pěstovat brambory na půdách nekontaminovaných cizorodými látkami,
- financovat výzkum zaměřený na příjem cizorodých látek do hlíz se zvláštním důrazem na mechanismus různé tolerance mezi odrůdami,

- v oblastech, kde se vyskytují ve zvýšené míře cizorodé látky a pěstují se tam přesto brambory, vybírat ze sortimentu odrůd takové, které přijímají do hlíz tyto látky v menším množství,
- poznat odrůdovou reakci v příjmu těchto látek do hlíz,
- objasnit účinky rizikových prvků při jejich podlimitní koncentraci a nadlimitní kumulaci v půdě na fyziologické projevy rostlin bramboru a výnosovou úroveň hlíz,
- zjistit podíl cizorodých látek ukládaných v nati a hlízách při jejich rozdílné koncentraci v půdě,
- stanovit hranice obsahu cizorodých prvků v půdě pro pěstování nekontaminovaných hlíz těmito prvky,
- zjistit změny v zastoupení těchto prvků v hlízách po oloupaní slupky, tepelné úpravě vařením a v potravinářských výrobcích,
- zjistit vliv odlišných klimatických regionů s rozdílným spadem cizorodých látek na produkci a kvalitu hlíz

Jaká opatření přijmout pro snížení úniku cizorodých látek do životního prostředí a k omezení jejich příjmu obyvatelstvem:

- lze použít závěrečná opatření doporučená Třebichavským et al. (1997) u jednotlivých prvků.

## 5. Literatura

- ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York, 1986.
- Anonym: Cizorodé látky v potravinách. Zeměd. aktuality, 1989, č. 11, s. 4-7.
- AMONOO, E. H. Mercury and arsenic pollution in soil and biological samples around the mining town of Obuasi, Ghana. *Water, Air and Soil Pollution*, 1996, 91, s. 363.
- BAIDINA, N.L. [On pollution on urban soils and garden crops with heavy metals] *Agrochimia*, 1995, No. 12, p. 99-104.
- BALÁŽOVÁ, G. a kol. Kovy v životnom prostredí. [Závěrečná správa] Bratislava, VÚPL 1980.
- BARTL, B., HARTL, W., HORAK, O. Long-term application of biowaste compost versus mineral fertilization: effects on the nutrient and heavy metal contents of soil and plants. *J. Plant Nutrit. Soil Sci.*, 2002, 165, No. 2, p. 161-165.
- BELAN, F., ZIMOLKA, J. Kontaminace brambor v oblasti imisní zátěže. *Acta univ. Agric. (Brno)*, fac. agron., 1991, 39, č. 1-2, s. 77-85.
- BENCKO, V. et al. Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. Grada Publishing, 1995, Praha.
- BENEŠ, S. Kontaminace zemědělských půd těžkými kovy. *Úroda*, 1990, 38, č. 12, s. 547-550.
- BENEŠ, S. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí, část druhá. Praha MZe ČR, 1994, 104 s.
- BENEŠ, S., BENEŠOVÁ, J. Bilance rizikových prvků ve sférách životního prostředí. *Rostl. Vyr.*, 1993, 39, č. 10, s. 941-958.
- BLÁŠKOVÁ, E. Kadmium, olovo a ortuť v půdě a v zemiakoch v závlahových podmienkach. *Ved. práce VÚZH v Bratislave*, 1994, No. 21, s. 127-138.
- BLÁŠKOVÁ, E., PIS, V. Vplyv závlah na obsah niektorých cudzorodých látok v zavlažovaných plodinách. *Zborník ref.z mez. konf. „Možnosti zvyšovania účinnosti závlah“*. VÚZH, 1994, s. 201-207.
- BOKYOUNG, K. et al. Survey on the natural content of heavy metal in potato and sweet potato and their cultivated soils. *RDA J. Agric. Sci., Soil and Fertilizer*, 1994, 36, s. 302-309.
- BRÜGGEMANN, J. Erwünschte und unerwünschte Spurenelemente in Getreide, Kartoffeln und Ölsaaten. Münster Hilstrup (Germany). *Landwirtschaftsverlag GmbH*, 1999, No. 483, p. 32-51.
- BRÜGGEMANN, J., KUMPULAINEN, J. Spurenelementgehalte in deutschen Grundnahrungsmitteln aus Brotgetreide. *Getreide, Mehl und Brot (Germany)*, 1995, 49, No. 3, p. 171-177.
- CURZYDLO, J. Zawartość metali cieżkich w glebach i roslinach uprawnych w rejonie kombinatu metalurgicznego Huta im. Lenina. *Acta Agraria Silv. Series Agraria (Poland)*, 1988, 27, p. 119-130.
- DÄSSLER, H.G., BÖRTITZ, S., AUERMANN, E., JACOBI, J. Untersuchungen zum Nickelgehalt von Stäuben und Pflanzenmaterial aus Immissionsgebiet. *Nahrung*, 1982, 26, č. 4, s. 351-361.
- DAVIES, B. E., CREWS, H. M. The contribution of heavy metals in potato peel to dietary intake. *Science of the Total Environment*, 1983, 30, s. 261-264.
- DIEZ, T., KRAUSS, M., WURZINGER, A., BIHLER, E., NAST, D. Schwermetall-Aufnahme und -Austrag von extrem belasteten Boden unter pflanzenbaulicher Nutzung. *Bayer. Landw. Jahrbuch*, 1992, 69, No. 1, S. 51-71.
- DOMAŽLICKÁ, E. Tolerance rostlin k těžkým kovům. *Úroda*, 1992, 40, č. 11, s. 525.
- DRASHKOV, N. V“zmozhnosti za izpolzване na prechstenite otpad“chni vodi za napoyavane na kartofite [Possibilities for using purified residual waters for potato irrigation.] *Selskostopanska Nauka (Bulgaria). Agric. Sci.*, 1996, 34, No. 5, p. 29-32.

DWORAKOWSKI, T. Zawartość azotanów i metali ciężkich w plodach rolnych pochodzących z woj. białostockiego i łomżyńskiego. *Fragmenta Agronomica (Poland)*, 1997, 14, p. 63-68.

ELLEN, G., BOSCH-TIBLESMA, F., DOUMA, F. Nickel content of various Dutch foodstuff. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 1978, 166, č. 2, s. 145-147.

EL-MARSAFY, A. Assessment of some hazardous contaminants in *Ismailia governorate*. *Egypt. J. Agric. Res.*, 1999, 77, No. 3, p. 1045-1058.

FACEK, Z. Metody a význam asanace půd znečištěných škodlivinami. *Sborník ČSAZ*, Praha 1985, č. 91, s. 108-113.

GLOSER, J., PRÁŠIL, I. Fyziologie stresu. In: Procházka, S. et al. a kol. *Fyziologie rostlin*. Academia Praha, 1998, s. 412-431.

GOLINOWSKA, M., NIETUPSKI, T., ZIEMINSKA, B. Zrońnicowanie nakladów w uprawie okopowych na terenie oddziaływania HM „Głogów”. *Postepy w Ochronie Roslin (Poland)*, 1997, 36, No. 1, p. 134-141.

GRÜN, M., MACHELETT, B., KRONEMANN, H., MARTIN, M., SCHNEIDER, J., PODLESÁK, W. Schwermetalle in der Nahrungskette unter besonderer Berücksichtigung des Transfers vom Boden zur Pflanze. *Übersichten zur Terernährung (Germany)*, 1994, 22, No. 1, p. 7-16.

GUZIUR, J., SCHULZOVÁ, V., HAJŠLOVÁ, J. Vliv lokality a způsobu pěstování na chemické složení hlíz brambor. *Bramborářství*, 2000, 8, č. 1, s. 6-7.

HLUŠEK, J. Možnosti ovlivnění mobility některých těžkých kovů v půdě. *Úroda*, 1993, 41, č. 3, s. 101-103.

HLUŠEK, J., RICHTER, R., RŮŽIČKA, A. Vliv různého hnojení na výnos a kvalitu brambor. *Bramborářství*, 1996a, 4, č. 3, s. 2-5.

HLUŠEK, J., JŮZL, M., ZRŮST, J. Obsah cizorodých látek v hlízách velmi raných odrůd brambor. In: *Kvalita konzumních brambor. Vliv chemického složení na užité vlastnosti brambor*. Sborník přednášek. Havl. Brod, VÚB 1996b, 5 s.

HLUŠEK, J., JŮZL, M., ZRŮST, J. Výnosy brambor a obsahy kadmia, niklu a zinku v hlízách. *Rostl. Výr.*, 1997a, 43, č. 6, s. 263-267.

HLUŠEK, J., JŮZL, M., ZRŮST, J. Accumulation of Cd and Ni in early potato tubers grown in two localities. *Zesz. probl. postępów nauk rolniczych* 1997b, z. 448b, p. 53-58.

HLUŠEK, J., ZRŮST, J., JŮZL, M. Vliv konvenčního hospodaření na jakost raných brambor. In: *Nové pohledy na jakost produktů rostlinného původu*. Sborník referátů. VÚ pícniářský Troubsko. Brno 1997c, s. 84-86.

HLUŠEK, J., JŮZL, M., ZRŮST, J. Obsah železa, manganu a mědi v hlízách velmi raných odrůd brambor. *Rostl. Výr.*, 1998a, 44, č. 1, s. 1-5.

HLUŠEK, J., JŮZL, M., ZRŮST, J. Kvalita brambor v závislosti na odrůdě, hnojení a lokalitě pěstování. *Úroda*, 1998b, 46, č. 6, s. 23-25.

HLUŠEK, J., ZRŮST, J., JŮZL, M. The effect of N nutrition on the concentration of heavy metals in early potato tubers. In: *8<sup>th</sup> Days of Plant Physiology. Book of Abstracts*. Olomouc, UP 1998c, s. 94-95.

HLUŠEK, J. ROP, O. Problematika obsahu cizorodých látek v raných bramborách. *Bramborářství*, 1998, 6, č. 3, s. 3-5.

HLUŠEK, J. ROP, O. The effect of increasing doses of beryllium on the quality of early potatoes. In: *Plant Nutrition, Quality of Production and Processing*. Sb. ref. z konf. s mez. účastí. Brno, MZLU, 1999, s. 206-209.

HLUŠEK, J., ZRŮST, J., JŮZL, M. Nitrate concentration in tubers of early potatoes. *Rostl. Výr.*, 2000, 46, č. 1, s. 17-21.



HLUŠEK, J., JŮZL, M., ZRŮST, J. Vztah As v půdě k jeho obsahu v bramborách dvou odrůd. In: Půdní úrodnost. Sborník referátů z II. konference s mezinárodní účastí. MZLU Brno 2000, s.67-68.

HLUŠEK, J., ZRŮST, J. , JŮZL, M. Obsah kadmia, arsenu a berylia v rostlinách brambor při rozdílných hladinách těchto prvků v půdě. Bramborářství, 2001a, 9, č. 1, s. 9-12.

HLUŠEK, J., JŮZL, M., ZRŮST, J. Aktuální poznatky při sledování obsahu kadmia u vybraných odrůd brambor. In: Badalíková, B. (ed.): Aktuální poznatky v oblasti jakosti zemědělské a potravinářské produkce. Sborník referátů z konf. s mezinárodní účastí, Brno 2001b, s. 69-74.

HOFELE, J. Untersuchungen zu Berylliumgehalten von Kartoffeln und Boden. Agrobiol. Res., 1994, 47, s. 3-4.

CHIPEVA, S., MARINOVA-GARVANSKA, S. Sravnitelnen analiz na stepenta na usvoyavane na chimichni elementi ot zelenchutsi při vnasyane na utajka ot PSO. [Comparative analysis between uptake rates of chemical elements by vegetables at usage of sludge]. Pochvoznanie, Agrokhimiya i Ekologiya (Bulgaria), 1998, 33, No. 4, p. 36-38.

IGWEBE, A.O., BELHAJ, H.M., HASSAN, T.M., GIBALI, A.S. Effect of a highway's traffic on the level of lead and cadmium in fruits and vegetables grown along the roadsides. J. Food Saf. Trumbull. Conn.: Food & Nutrition Press, 1992, 13, No. 1, p. 7-18.

INDEKA, L. Chemiczne skazenia wybranych roslin uprawianych w rejonie oddziaływania Mazowieckich Zakladów Rafineryjnych i Petrochemicznych. Rozprawy Naukowe i Monografie. SGGW Warszawa (Poland) 1996, No. 207, 94 p.

JOGODIN, B.A., GOVORINA, V.V., VINOGRADOVA, S.B., ZAMARAJEV, A.G., SABLINA, S.M. Nakoplenije nikelja nekotorymi sel'skochozjajstvennymi kul'turami v kolchoze «Michajlovskoje» Moskovskoj oblasti. Izv. Timirjazrskoj-sel'skochozjajstvennoj akad. (Rus. fed.), 1994, No. 2, s. 12-20.

JŮZL, M., HLUŠEK, J., ZRŮST, J. Riziko pěstování brambor v půdách kontaminovaných těžkými kovy. In: Cudzorové látky v životnom prostredí. III. mezinárodná konferencia, Nitra 2000a, s.104-108.

JŮZL, M., HLUŠEK, J., ZRŮST, J., ŠTEFL, M. Rizika pěstování brambor v půdách kontaminovaných kadmíem, arsenem a beryliem. In: „MZLU pěstitelům“ (Sborník příspěvků z polních dnů) Žabčice 2000b, s. 67-70.

JŮZL, M., HLUŠEK, J., ZRŮST, J., ŠTEFL, M. Vliv půd kontaminovaných kadmíem, arsenem a beryliem na výnos a kvalitu brambor. In: „MZLU pěstitelům“ (Sborník příspěvků z polních dnů) Žabčice 2001a, s. 19-22.

JŮZL, M., ŠTEFL, M., HLUŠEK, J., ZRŮST, J. Ovlivnění vyprodukované sušiny trsu, výnosu a kvality hlíz, půdami kontaminovanými kadmíem, arsenem a beryliem. In: Sborník z mezinárodní konference: „Stabilizující a omezující faktory tvorby výnosu a jakostní rostlinné produkce“. ČZU Praha, 2001b, s. 168-174.

KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants . CRC Pres, Boca Raton, Florida 1984.

KALEMBASA, S., KUZIEMSKA, B. Wplyw osadow sciekowych na plon wybranych roslin oraz zawartość w nich metaliczek. Roczniki-Gleboznawcze, 1991, publ. 1992, 42, No. 3-4, s. 229-235.

KAPUSTKA, L. A. et al. Metal and arsenic impacts to soils, vegetation communities and wildlife habitat in southwest Montana uplands contaminated by smelter emissions. Environm. Toxic. and Chemistry, 1995, 14, s. 1912.

KARAM N.S., EREIFEJ, K.I., SHIBLI, R.A., ABU KUDAIS, H., ALKOFABI, A., MALKAWI, Y. Metal concentrations, growth, and yield of potato produced from *in vitro* plantlets or microtubers and growth in municipal solid-waste amended substrates. J. Plant Nutr., 1998, 21, No. 4, p. 725-739.

KAERBLANE, H., KEVVAI, L., KANGER, J. Raskemetallid kartulis. [Heavy metals in potatoes]. J. Agric. Sci. (Estonia), 1997, No. 4, pp. 335-342.

KIM-BOK YOUNG, KIM-KYU SIK, LEE-JONG SIK, YOO-SUN HO, KIM-BY, KIM-KS, LEE JS, YOO-SH [Survey on the natural content of heavy metal in potato and sweet potato and their cultivated soils in Korea.] RDA J. Agric. Sci., Soil and Fertilizer, 1994, 36, No. 2, p. 302-309.

KOLÁŘ, L., LEDVINA, R., KUŽEL, S. Možnosti imobilizace kadmia v půdě a detoxikace kadmiiem zamořených půd. In Sborník "Fyziologické aspekty výživy rostlin" 1990, Lišno u Benešova 3. - 5. 10., s. 182-184.

Kolektiv: Půda. Situační a výhledová zpráva. MZe ČR a VÚZE. Červenec 1995, s. 10-11.

KOSTECKÁ, J., BLAŽEJ, J. Growing plants on vermicompost as a way to produce high quality foods. Bull. Polish Acad. Sci. Biol. Sci. (Poland), 2000, 48, No. 1, p. 1-10.

LEONOVA, N.S. [Growth and development of potato plants in medium with higher concentration of heavy metals *in vitro*]. Sel'sk. Biol., 1999, No. 3, p. 107-108.

LUKIN, S.V., YAVTUSHENKO, V.E., SOLDAT, I.E. The translocation of copper in a soil-plant system. Russ. Agric. Sci., 1999, publ. 2001, No. 12, p. 38-42.

MACHELETT, B., METZ, R., GRUN, M. Schwermetalltransfer Boden-Pflanze in einem langjährigen Klarschlammfeldversuch. Verband Deut. Landwirt. Unter. Forsch., Reihe Kongressberichte, 1990, No. 32, p. 797-802.

MAIER, N. A. et al. Effect of current - season application of caltic line on soil pH, yield and cadmium concentration in potato tubers. Nutrient Cycling in Agroecosystem, 1996, 47, s. 29-40.

MARKERT, B. Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems. Kluwer Academic Publishers, 25. 6. 1992, Belgie, s. 12-23.

MAZANEC, O. Obsah rizikových prvků v půdách České republiky. Sborník referátů "Půdní úrodnost" 1997. MZLU, ÚKZÚZ, Brno.

McLAUGHLIN et al. Increased soil salinity causes elevated cadmium concentrations in field - grown potato tubers. J. Environm. Quality, 1994, 23, s. 1013.

MERIAN, E., GELDMACHER, M., MACHATA, G., SCHLIPKÖTER, H.W. Metals and their compounds in the environment. Weinheim, VCH Publisher, INC. New York, 1991, 1438 s.

MICHALÍK, I., MIKULA, J. Hodnotenie vyživnej kvality korenovej zeleniny a hluz zemiakov. Acta Fytotechnica (Slovakia), 1997, No. 52, s. 37-45.

OBORN, I., JANSSON, G., JOHNSON, L. A field study on the influence of soil pH on trace element levels in spring wheat (*Triticum aestivum*) potatoes (*Solanum tuberosum*) and carrots (*Daucus carota*). In: Grennfelt, P., Rodhe, H., Thornelof, E., Wisniewski, J. (eds.) Acid reign '95? Proc. 5<sup>th</sup> inter. conf. on acidic deposition. Water, -Air, and -Soil-Pollution., 1995, 85 No. 2, p. 835-840.

OCKER, H. D., et al. Schwermetallgehalt in Kartoffeln und Kartoffelerzeugnissen. Zeitschrift für Lebensmittel, Untersuchung und Forshung, 1984, 179, s. 322-325.

PAZDIAK, A., WLODEK, S. Beryllium contamination in rural and industrial areas of Poland. Zákklady Hygieny 1979, č. 4, s. 397-403.

PETŘÍKOVÁ, V. Výskyt imisí v ovzduší a obsah těžkých kovů v zemědělských plodinách. Rostl. Výr., 36, č.4, s. 367-378.

PROTASOVA, N.A., GOLUBEV, I.M., KOROBENIKOV, N.I. Trace elements in landscapes of the Tambov oblast and the biogeochemical zoning of its territory. Eurasian Soil Sci., 1996, 29, No. 12, p. 1360-1366.

RICHTER, R. Půdní úrodnost. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR v Praze, 1997, 36 s.

- RICHTER, R., HLUŠEK, J. Výživa a hnojení rostlin. VŠZ Brno 1994, s. 32, 70, 111.
- RIETZ, E., KUCKE, M. Schwermetallgehalte in Wurzeln und Spross unterschiedlicher Kulturpflanzen in Abhängigkeit vom pH - Wert und vom Schwermetallgehalt des Bodens. Kongres 14. - 19. 9. 1992, s. 11-17.
- RIPPEL, A. Sledovanie obsahu fluóru v poľnohospodárskych plodinách a produktoch. [Záverečná správa] Bratislava, VÚH 1967.
- ROCA, J., POMARES, F. Prediction of available heavy metals by six chemical extractants in a sewage-amended soil. Comm. Soil Sci. Plant Analysis., 1991, 22, No. 19-20, p. 2119-2136.
- ROHOZYNSKII, M.S., SHELIFOST, A.E., KOSTYSHIN, S.S., VOLKOV, R.A. [Influence of heavy metals ions on plants *in vitro*] Fiziol. i biokim. kul't. rast. 1998, 30, No. 6, p. 465-471.
- ROP, O. Vliv arzenu na chemické složení bramborové natě a hlíz. Bramborářství, 2000a, 8, č. 4, s. 14-15.
- ROP, O. Vliv kadmia na chemické složení bramborové natě a hlíz. Bramborářství, 2000b, 8, č. 5, s. 2-3.
- ROP, O. Vliv berylia na chemické složení bramborové natě a hlíz. Bramborářství, 2001, 9, č. 1, s.12-13.
- ROP, O. Výnosové parametry velmi raných odrůd brambor na půdě kontaminované niklem a cínem. Bramborářství, 2002, 10, s. 11-13.
- ROP, O., HLUŠEK, J. Výnosové parametry velmi raných brambor na půdě kontaminované kadmíem, beryliem a arsenem. Bramborářství, 1998, 6, č. 3, s. 5-7.
- ROP, O., HLUŠEK, J. The effect of increasing arsenic doses on early potato quality. In: Plant Nutrition, Quality of Production and Processing. Sborník referátů z konference s mezinárodní účastí. Brno, MZLU 1999, s. 237-240. /6735/A 198/.
- RUTKOWSKA, B. Azotany i azotyny w ziemiakach z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych. Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny., 2001, 52, No. 3, p. 231-236.
- SMILDE, K.W., DRIEL, W. van, LUIT, B. van Constraints in cropping heavy-metal contaminated fluvial sediments. Sci. Total Envir. (Netherlands). (Nov 1982, 25, No. 3, p. 225-244.
- SHERIF, F.K., AWAD, A.M., EL ASWAD, A.F., FARAG, A.T. Heavy metals and phosphorous availability for potato yield as affected by sludge-amended soil. Alexandria J. Agric. Res., 2001, 46, No. 1, p. 181-203.
- SOLOV'JEVA G.A., GOLUBER, M.V. [Effect of mineral fertilizers on the heavy metals contents of plants.] Agrochimija, 1981, č. 11, s. 114-119.
- SOVA, Z. Rizika transferu cizorodých látek. Úroda, 1990, 38, s. 544-546.
- SZPONAR, L., MIELESZKO, T., SIUTA, J., RZESZOWSKA, G. Wartosc odzywcza ziemiakow z pol skazonych zwiazkami ołowiu, kadmu i cynku. Arch. Ochrony Srodowiska (Poland) 1983, No. 3-4, p. 179-186.
- TAKTAKIŠVILI, S. Soderžanije kobalta i nikelja v nekotorych piščevych produktach Gruzii. Vopr. Pitan., 1963, 25, č.22, s. 73-74.
- TRIPATHI, B.D., KUMARI, D., DWIVEDI, R.K. Effect of sewage irrigation on soil properties and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). Geo. Eco. Trop., 1988, 12, No. 1-4, p. 133-141.
- TŘEBICHA VSKÝ, J., HAVRDOVÁ, D., BLONBERGER, M. Toxické kovy. Kutná Hora, 1997, 509 s.
- UHNÁK, J., RIPPEL, A. Obsah kovov v zelenine pestovanej v okolí závodu na výrobu niklu. Rostl. Výr., 1990, 36, č. 4, s. 387-394.
- VÁŇA, J., UŠŤAK, S. Dekontaminace těžkých kovů z půd rostlinami. In: Bull. VÚRV, Praha, 1995.

VETTER, H., MÄHLHOP, R., FRÜCHTENIECHT, F. Immissionsstoffbelastung in Nachbarschaft einer Blei- und Zinkhütte. Ber. Landwirtsch., 1974, 52, č. 2, s. 327-350.

VINCENC, J., BELAN, F., ADAMEC, V. Kontaminace polních plodin v okolí Světlé nad Sázavou. Acta Univ. Agric. et Silvicult. Mendel. Brunensis, 1996, 44, s. 1-4, 65-71.

VETTER, J. Toxic elements in certain higher fungi. Food Chem., 1993, 48, s. 207-208.

WOOLSON, E.A., AXLEY, J.H.: The chemistry and phytotoxicity of arsenic in soils, 1973, 243 s.

SÁŇKA, M. Úroveň a zdroje kontaminace půd a rostlin v městských aglomeracích. Doktor. disertační práce, VŠZ Brno, 1996, s. 113-120.

SMITH, S. R. Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludge - treated soils. Environm. pollution, 1994, 86, s. 13.

SPAROW, L.A. Field studies of cadmium in potatoes. Austr. J. Agric. Res., 1994, 45, s. 245.

TOMÁŠ, J. Stopové prvky v životnom prostredí. In Cudzorodé látky v životnom prostredí 2000. III. medzinárodná konferencia, Nitra, September 2000, s. 10-18. ISBN 80-7137-745-7.

TRUBY, P., RABA, A. Heavy metal uptake by garden plants from Freiburg sewage farm water. Agrobiological research, 1990, 43, s. 140.

ZEDNÍK, J., SÁŇKA, M. Půda a vstupy do půdy. In: Hrabětová, S, a kol.: Zpráva o výsledcích sledování cizorodých látek v potravních řetězcích a ve vstupech, které je mohou ovlivnit, za rok 1998. MZe ČR, Agrospoj, 1998, s. 12-16.

ZEZULA, J. Vývoj jakosti brambor v roce 1993. Bramborářství, 1994, 2, č. 1, s. 9-10.

ZHOU, Q. X., GAO, Z. M. Compound contamination and secondary ecological effects of Cd and As in soil ecosystems. J. Environm. Sci., 1994, 6, s. 330.

ZRŮST, J. Co bychom měli vědět o limitech pro zdravotní nezávadnost brambor a výrobků z nich. Bramborářství, 1998, 6, č. 4, s. 13-15.

ZRŮST, J. Co bychom měli vědět o limitech pro zdravotní nezávadnost brambor a výrobků z nich (pokračování). Bramborářství, 2000, 8, č. 1, s. 18-19.

ZRŮST, J., HLUŠEK, J., JŮZL, M. Ovlivnění kvality bramborových hlíz přirozeným obsahem některých prvků, zejména těžkých kovů, v prostředí. Agrospoj-Výstavba a technika, 1997, 7, č. 6, s. 4.

ZRŮST, J., VOKÁL, B. České bramborářství a kvalitní konzumní brambory. Tématická příloha časopisu Úroda, 1998, č. 11. s. 6-7.

ZRŮST, J., HLUŠEK, J., JŮZL, M. Rizikové prvky u bramboru. Agromagazín, 2002a, 3, č. 9, s. 36-38.

ZRŮST, J., HLUŠEK, J., JŮZL, M., USŤAK, S., REJLKOVÁ, M. Závěrečná zpráva za projekt EP9113 "Rizika pěstování brambor v půdách kontaminovaných kadmíem, arsenem, beryliem". VÚB Havlíčkův Brod, 2002b, 44 s.