

Vliv půdních cizorodých prvků na obsah škrobu v bramborových hlízách

Bc. Jana Vaculová

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana VACULOVÁ**
Osobní číslo: **T080495**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vliv půdních cizorodých prvků na obsah škrobu
v bramborových hlízách**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Obecně popište anatomické a chemické složení brambor a zaměřte se zejména na bramborový škrob.

II. Praktická část

1. Založte a vedte nádobový pokus se stupňovanými dávkami rtuti a kadmia v půdě.
2. U získaných vzorků brambor proveďte chemické analýzy na obsah toxických prvků a škrobu.
3. Získané výsledky diskutujte s literaturou a navrhněte možnosti snižování přístupnosti toxických prvků pro brambory.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1]PELIKÁN, M., HŘIVNA, L., HUMPOLA, J. Technologie sacharidů, 1. vyd., SZN, Praha 1974.

[2]VOKÁL, B. Pěstujeme brambory, 1. vyd., Grada Publishing, Praha 2003.

[3]CIBULKA, J., a kol. Pohyb olova, kadmia a rtuti v zemědělské výrobě a biosféře, 2. vyd., MZV, Praha 1986.

[4]VELÍŠEK, J. Chemie potravin 1, OSSIS, Tábor 1999.

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Monika Černá

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

4. ledna 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

19. května 2010

Ve Zlíně dne 8. dubna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Vaculová Jana

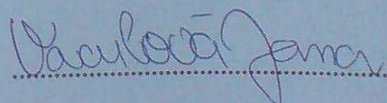
Obor: THEVP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 12. 5. 2010


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem mé diplomové práce bylo sledovat vliv stupňovaných dávek půdní rtuti a kadmia na chemické složení bramborových hlíz.

V literární části byla stručně zpracována problematika rtuti a kadmia, jejich výskyt a pohyb v životním prostředí, působení na živé organismy. Tato část dále obsahuje krátkou charakteristiku brambor a jejich chemické složení. V praktické části byla problematika řešena formou nádobového pokusu s velmi ranou odrůdou KORUNA a KRYSTALA. Byl sledován vliv a přijatelnost rtuti a kadmia hlízami brambor v závislosti na stupňujícím se obsahu těchto dvou prvků v půdě. Dále byl zkoumán vliv rtuti a kadmia na obsah škrobu a sušiny v dužnině bramborových hlíz. Výsledky byly graficky zpracovány.

Klíčová slova: brambory, rtuť, kadmium, sušina, škrob

ABSTRACT

The aim of my diploma thesis was to follow the influence of graded concentrations of soil mercury and cadmium on chemical composition of potatoes tubers. The problems of all data mercury and cadmium was shortly processed in literary part. I describe here their occurrence and moving in the environment, incidence on living organisms. This part further contain short characteristics of potatoes and their chemical composition.

The practical part of problem was solved by pot experiment with a variety of stone KORUNA and KRYSTALA. Was tracked influence and acceptability of mercury and cadmium in potato tubers depending on the escalating the contents of these two factors in soil. Further was potatoes tubers analysed to content on dry matter, starch, cadmium and mercury. Results of metering was graphically processed.

Keywords: potatoes, mercury, cadmium, dry matter, starch

Na tomto místě bych ráda poděkovala své vedoucí diplomové práce Mgr. Monice Černé za odborné vedení při zpracování této diplomové práce, za podstatné rady, připomínky, aktivní přístup a zájem o moji práci.

Dále bych chtěla ze srdce poděkovat rodině, příteli a přátelům za poskytnutí možností studovat a za jejich oporu, trpělivost a povzbuzení při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucí diplomové práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uvedena jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně, 12. 5. 2010

.....

Jana Vaculová

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 BRAMBORY	13
1.1 VÝZNAM BRAMBOR.....	13
1.2 POPIS BRAMBOROVÉ ROSTLINY	14
1.3 MORFOLOGIE TRSU BRAMBOR	14
Soustava nadzemních orgánů	14
Soustava podzemních orgánů.....	16
1.4 ANATOMICKÉ A CHEMICKÉ SLOŽENÍ BRAMBOROVÉ HLÍZY.....	17
1.4.1 Anatomická skladba bramborové hlízy.....	17
1.4.2 Chemická skladba bramborové hlízy	18
1.5 PĚSTOVÁNÍ BRAMBOR	23
2 ŠKROB	26
2.1 VZNIK A VLASTNOSTI ŠKROBU.....	26
2.2 CHEMICKÉ VLASTNOSTI ŠKROBU	26
2.2.1 Amylosa	26
3 CIZORODÉ PRVKY	31
3.1 RTUŤ	31
3.1.1 Fyzikálně – chemické vlastnosti rtuti.....	31
3.1.2 Rtuť v lidském organismu.....	32
3.1.3 Rtuť v rostlinách.....	34
3.1.4 Rtuť v půdě.....	34
3.2 KADMIIUM.....	35
3.2.1 Fyzikálně –chemické vlastnosti kadmia.....	35
3.2.2 Kadmium v lidském organismu	36
3.2.3 Kadmium v rostlinách	37
3.2.4 Kadmium v půdě	38
II PRAKTICKÁ ČÁST	40
4 CÍL PRÁCE	41
5 METODIKA PRÁCE	42
5.1 STANOVENÍ OBSAHU SUŠINY	43
5.2 STANOVENÍ OBSAHU ŠKROBU	43
5.3 STANOVENÍ MNOŽSTVÍ CIZORODÝCH PRVKŮ	45
6 VÝSLEDKY	46
6.1 OBSAH SUŠINY A ŠKROBU.....	46
6.1.1 Odrůda KORUNA.....	46
6.1.2 Odrůda KRYSTALA.....	47

6.2	OBSAH ŠKROBU V CELKOVÉ SUŠINĚ.....	49
6.2.1	Odrůda KORUNA.....	49
6.2.2	Odrůda KRYSTALA.....	49
6.3	OBSAH RTUTI A KADMIA.....	50
6.3.1	Odrůda KORUNA.....	50
6.3.2	Odrůda KRYSTALA.....	51
7	DISKUZE.....	53
8	ZÁVĚR.....	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	76
	SEZNAM TABULEK.....	77
	SEZNAM PŘÍLOH.....	78

ÚVOD

Pravlastí brambor je západní část Jižní Ameriky a podle vykopávek a různých nálezů z hrobů je možno usuzovat, že brambory v Jižní Americe byly pěstovány již v 2. století n.l. Uvádějí se 2 centra, z nichž se pěstování rozšířilo, první bylo v horských údolích peruánských a bolívijských And, druhé se nacházelo ve středním Chile. Dnešní kulturní brambory (*Solanum tuberosum* L.) se dostaly do Evropy koncem 16. století. První popis a vyobrazení brambor pochází z roku 1597 od anglického botanika Gerarda.

Brambory jsou hospodářsky důležitou surovinou. Ve světovém měřítku jsou čtvrtou nejdůležitější surovinou. Slouží jako potravina doplňková. Hlízy jsou také důležité jako krmivo a surovina pro výrobu škrobu a lihu. Brambory obsahují v syrovém stavu víc než 75 % vody, asi 20 % sacharidů a malé množství hodnotné bílkoviny. Jsou bohaté na draslík, který činí 60 % veškerého obsahu minerálií. Jsou rovněž bohaté na vitamín A, B a C. Jen málo potravin obsahuje tolik vitamínu C jako syrové brambory, a proto jsou řazeny mezi nejlevnější zdroj vitamínu C na našem trhu.

V současné době jsou konzumní brambory nepostradatelnou součástí našeho jídelníčku. Většina lidí je konzumují pravidelně, někteří denně, jiní je konzumují ve formě vařených brambor, bramborového salátu, kaše a dalších významných potravinářských výrobků z brambor jako jsou hranolky, lupínky apod. Průměrná spotřeba brambor je v zemích EU kolem 80 kg na osobu a rok. Energetická hodnota brambor je poměrně nízká a pohybuje se mezi 290 a 350 kJ na 100 g hlíz, tj. přibližně 70 až 85 kcal/100g. Energetická hodnota sušiny brambor je dána především sacharidovou složkou (škrobem), 15 % obsah škrobu činí 78 % celkového energetického obsahu sušiny. Díky vysokému obsahu vody jsou brambory oproti obilovinám více citlivé na podmínky skladování a lehce se kazí.

Pro snížení obsahu cizorodých látek se spíše doporučuje vaření oloupaných a rozkrájených hlíz ve větším množství vody.

V souvislosti se stále rychleji postupující industrializací a chemizací společnosti dochází k rychlému růstu produkce a spotřeby kovů a roste nebezpečí znečištění biosféry různými kontaminanty, mezi jiným i tzv. těžkými kovy, tedy především olovem, kadmíem a rtutí. Zvyšování koncentrace těchto kovů v životním prostředí člověka – v ovzduší, v půdě, ve vodě a následně v potravě – se stalo vážným hygienickým problémem, který ukazuje na nezbytnost se touto záležitostí zabývat. Pokud u některé ze soustavně přijímaných

cizorodých látek dochází k její kumulaci v organismu, hromadí se tyto látky v játrech, ledvinách, kostech nebo v tukových tkáních i jinde a mohou vyvolat různá onemocnění. Z hlediska pohybu těžkých kovů v potravinách je důležité sledovat vazbu mezi nutričními hodnotami a kritériemi zdravotní nezávadnosti a zda se tyto kovy kumulují v částech, které jsou používány ke konzumaci. Potraviný rostlinného původu obsahují prokazatelně vyšší koncentrace cizorodých látek než potraviny původu živočišného.

Limitní obsahy těžkých kovů v bramborových hlízách i v dalších potravinách v našem právním řádu upravuje Nařízení Evropské rady a parlamentu 199/2006 a Vyhláška Ministerstva zdravotnictví 305/2004 Sb.

Ve své diplomové práci jsem se zaměřila v literární části na chemické a morfologické složení bramborových hlíz, dále jsem se zabývala problematikou vlivu rtuti a kadmia na lidský organismus, rostliny a životní prostředí. V praktické části jsem se konkrétně zaměřila na vliv stupňovaných dávek rtuti a kadmia v bramborových hlízách. Jako indikační plodinu jsem použila velmi rané odrůdy brambor KORUNA a KRYSTALA, které byly pěstovány v půdě, kde byla aplikována rtuť a kadmium v různých koncentracích. Po sklizni jsem se zaměřila na analýzu základních jakostních ukazatelů a množství rtuti a kadmia v hlízách brambor.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 BRAMBORY

1.1 Význam brambor

Význam brambor je dán jejich vysokými produkčními schopnostmi organické hmoty obsahující látky důležité pro výživu člověka, zvířat a zpracovatelský průmysl. Brambory obsahují nejen látky, jež jsou energetickou složkou výživy, ale také důležité stavební látky a vitamíny. Vysoký obsah draslíku v popelovinách činí z brambor zásaditou potravu [1].

Brambory jsou považovány za základní potravinu s vysokým obsahem vitamínu C, průmyslovou surovinu a významnou zemědělskou plodinu s vysokým výnosovým potenciálem a příznivým působením v osevním postupu [2]. Z hlediska lidské výživy zauímají svým významem čtvrté místo za obilovinami, pšenicí, rýží a kukuřicí [3]. Dříve, kdy brambory patřily k základním potravinám - spotřeba před II. světovou válkou se pohybovala kolem 150 kg na osobu a rok – slouží dnes jako potravina doplňková k dosažení fyziologicky vyvážené stravy. Její význam je dán tím, že plní nejen funkci potraviny objemové, ale i sytící (sacharidická složka) a ochranné (obsah vitamínů a minerálů) [4].

Současná spotřeba brambor ke konzumním účelům činí u nás 75 - 80 kg na osobu a rok [5]. Příčiny poklesu je třeba hledat ve zvyšování životní úrovně, poměrně vysoké náročnosti na kuchyňskou úpravu, nedostatek skladovacích prostorů v městských bytech a často kolísavá jakost. V tomto směru je třeba jít cestou vyspělých zemí, kde také poklesl konzum brambor v čerstvém stavu, ale výrazně narostl podíl potravinářských výrobků z brambor [6].

Vývoj úpravy brambor pro lidský konzum probíhal od jednoduchých způsobů (opékání, vysoušení mrazem, vaření) do složitých výrob (smažených lupínků, hranolků, mouček, konzervování) až k výrobě mnoha polotovarů, které lze bez složitých úprav využít v moderních domácnostech [7].

V posledních letech se rovněž vytvořily předpoklady pro zlepšení a stabilizaci jakosti brambor. Pozitivně se změnila odrůdová skladba, k dispozici jsou nejen výnosné, ale i vysoce jakostní odrůdy. K tomu patří zlepšená tržní úprava, jež se stává dnes samozřejmostí a kvalitní obal s uvedením odrůdy a varného typu [8]. Tyto skutečnosti zajišťuje vyhláška Mze č. 650/2004 Sb., a další vyhlášky, jimiž je limitován obsah dusičnanů, glykoalkaloidů apod. [9].

1.2 Popis bramborové rostliny

Brambory patří do čeledi lilkovitých (*Solanaceae Pers*) druh *Solanum tuberosum* a *Solanum andigenum* do rodu lilek (*Solanum Tourn*) [10]. Původ současných odrůd brambor vychází především z druhů *Solanum tuberosum* [11].

Tetraploidnost kulturního druhu bramboru *Solanum tuberosum* (brambor hlíznatý) v průběhu jeho zkulturnění přispěla ke zvýšení hlíz a také ke snížení obsahu jedovatých a hořkých látek. Brambor hlíznatý je dvouděložná rostlina [12]. Je jednoletou bylinou, která může být rozmnožována generativně i vegetativně [8]. V zemědělské výrobě se u nás a téměř ve všech zemích kulturní brambor rozmnožuje pouze vegetativně hlíznami [15].

1.3 Morfologie trsu brambor

Soustava nadzemních orgánů

Charakter nadzemní části trsu je ovlivněn tvarem a typem natě. Typ natě určuje architekturu porostu. Všeobecně se rozlišuje stonkový typ a listový typ [16]. Podle tvaru trsu se rozeznává tvar kuželovitý, zarovnaný a deštníkovitý. Stonek je různě tlustý a dlouhý. Na průměru je stonek nepravidelně obdélníkovitý, trojúhelníkovitý, někdy okrouhlý [17].

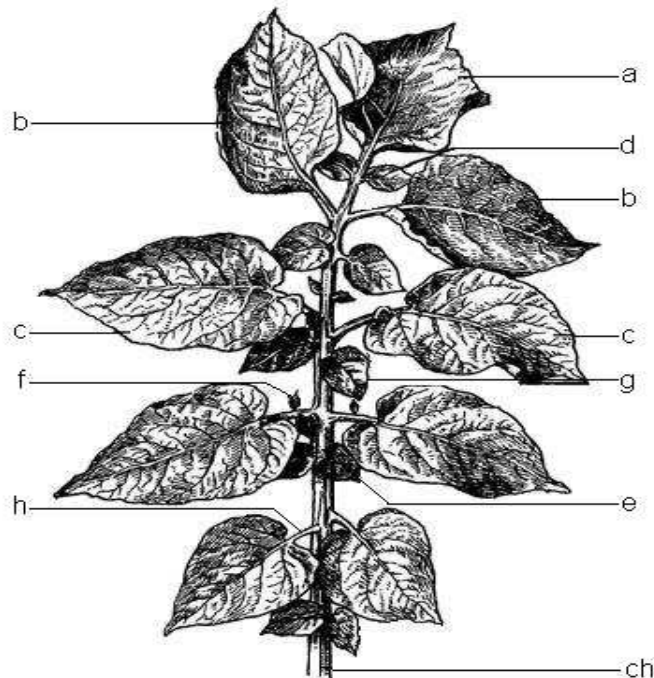
Charakteristickým znakem je křídlení na hranách stonku (obr. 1). Listy bramboru jsou lichospeřené. List se skládá z řapíku a čepele. Čepele je tvořena z lístků v párech (jařma) a konečného (vrcholového) lístku. Mezi jednotlivými jařmy vyrůstají na větenu mezilístky. V úžlabí lístků se vyskytují úžlabní mezilístky a lístečky [18].



Obr. 1: Křídlení stonku: 1) jednoduché, 2) dvojité [18]

Charakteristická je členitost listu určovaná počtem a velikostí lístků a mezilístků, které se buď překrývají – vzniká list uzavřený nebo se nedotýkají – vzniká list otevřený.

Listy jsou slabě, středně až velmi chlupaté. Barvu listu ovlivňuje prostředí a odrůda [18]. List bramboru je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2: List bramboru [23]

a- konečný lístek, b- první pár postranních lístků, c- druhý pár postranních lístků, d- vrcholové mezilístky, e- mezilístky, f- úžlabní mezilístky a lístečky, g- mezilístky, h- řapíček, ch- řapík

Květenství je dvojitý umístěný na vrcholu stonku (obr. 3). Koruna je 2 - 4 cm široká, bíle, růžově nebo fialově zbarvená [15]. Květy jsou zpravidla pětičetné, ale ve stejném květenství se mohou vyskytovat květy šestičetné i sedmičetné. V tvorbě květů se u bramboru vyskytuje řada anomálií. U některých odrůd dochází k hromadnému opadu poupat, u jiných k opadu květů. Proto některé odrůdy bramboru jen zřídka nasazují plody a ještě méně pak je udrží až do úplné zralosti semen [23]. Plod je dvou pouzdrá bobule, která je obvykle kulatá nebo oválná, barvy zelené nebo pigmentované, a to buď zčásti nebo celá. V dužnaté části bobule jsou semena (50 - 100), která jsou drobná, vejčitého tvaru, velikosti 1 - 2 mm, zploštělá, světle žlutě zbarvená [18].

Obr. 3: *Květenství brambor* [19]

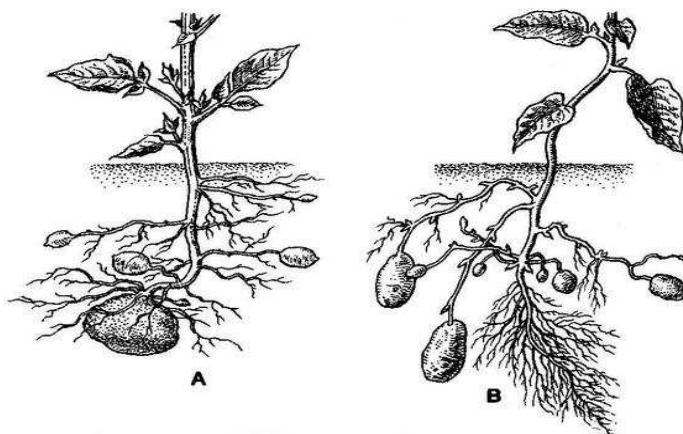
Soustava podzemních orgánů

Podzemní část trsu tvoří podzemní část stonků vyrůstajících z matečné hlízy. Z jejich uzlů vyrůstají kořeny a z axilárních pupenů stolony (oddenky) [16]. Při vegetativním množení vyrůstají pouze přímětné kořeny, které vytvářejí hustou kořenovou soustavu, jejíž objem i tvar je ovlivněn odrudou, ale hlavně vlhkostí půdy, výživou, ale i obděláváním [20]. Stolony jsou podzemní osy (oddenky) rostoucí transversálně geotropicky z podzemní části stonku. Jsou bez chlorofylu. Z jejich uzlů vyrůstají kořínky i větve. Délka stolonů působí na rozložení hlíz pod trsem. Jejich základy se vytvářejí na klíčku. Po růstu do délky se růst stolonů zastavuje, ohýbá se jejich špička a zesilují těsně pod špičkou, čímž vzniká dužnatá hlíza, na níž jsou paždí listenů očka s úžlabními pupeny [21].

Hlíza je zkrácený modifikovaný vegetační vrchol podzemního oddenku – stolonu nebo jeho větve, který se zachovává stavbou a uspořádáním pupenů charakter stonku, ale plní funkci zásobního orgánu rostliny látky a stává se důležitým prostředkem vegetativního rozmnožování [23]. Část hlízy související se stolonem se nazývá pupková a má méně oček, kdežto protilehlá část korunková má větší množství vrcholových a postranních oček. Celkem bývá na hlíze 5 až 9 oček [22]. Hlavními znaky hlízy je tvar, poloha oček, barva slupky a dužniny. Tvar hlízy je odrudovým znakem, který mohou ovlivnit půdní i povětrnostní podmínky. Rozeznáváme tvary hruškovité, rohlíčkovité, ledvinovité, dlouze oválné,

kulovitooválné nebo kulovité. Barva slupky je typická po vyzrání hlízy. Je dána obsahem pigmentu v buňkách horní korové nebo korových vrstev někdy v obojích tkáních [20].

Klíček je stálým odrůdovým znakem. Skládá se ze spodní, střední a vrchní části. Na spodní části se tvoří základy kořínků a stolonů. Střední část odpovídá nadzemní části stolonu. Vrchní část představuje růstový vrchol zakrytý mladými listy [14].



Obr. 4: Podzemní orgány a rostliny vyrostlé z hlízy (A) a semenáče (B) [18]

1.4 Anatomické a chemické složení bramborové hlízy

1.4.1 Anatomická skladba bramborové hlízy

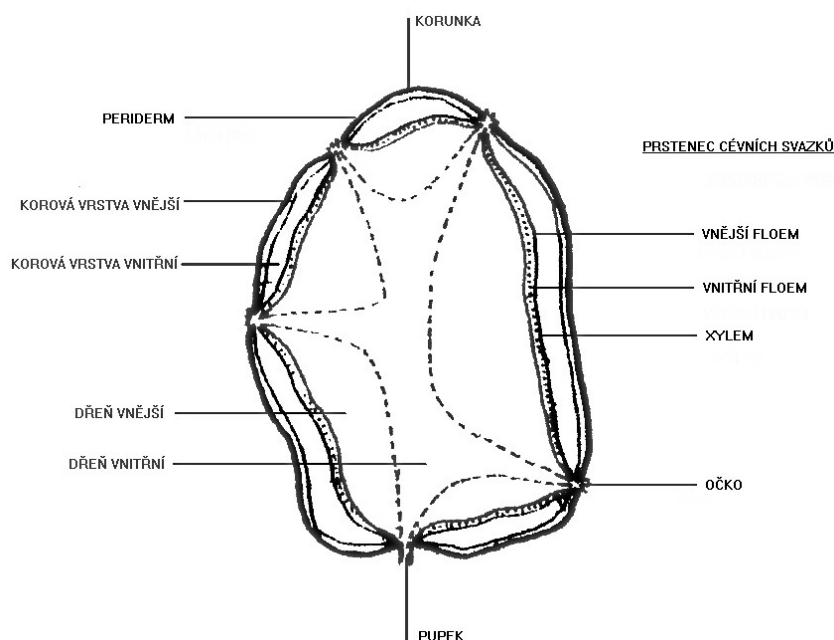
Bramborová hlíza je zkrácený ztlustlý stonek (oddenek), v němž rostlina shromažďuje zásobní látky. Na hlíze rozeznáváme část pupkovou, která souvisí se stolonem, protilehlá část hlízy se nazývá korunková. Bramborovou hlízu můžeme z anatomického pohledu rozdělit na řadu navzájem rozdílných zón.

Vnější obal tvoří slupka (periderm), skládající se ze zkorovatělých buněk, 1/6 až 1/8mm tlustá. Má ochraňovat hlízy před ztrátou vlhkosti a před infekcí plísní. Zkorovatělé buňky dávají slupce hnědé zabarvení. V této vrstvě při poranění se tvoří suberin za přítomnosti vzdušného kyslíku a nasycených mastných kyselin.

Pak následuje korová vrstva, která má 2 zóny. Zóna ležící hned pod peridermem, asi 2mm silná, je tvořena malými buňkami chudými na škrob, ale bohatými na bílkoviny,

druhou navazující zónu, sahající až k cévním svazkům, tvoří parenchymální buňky bohaté škrobem [3].

Další je vrstva cévních svazků, na řezu hlízy zřetelně patrná jako prstenec. Je tvořena na vnějším lýkem (floém), jímž jsou vedeny organické látky, xylémem, jenž zajišťuje vodní transport a vnitřním floémem. Na cévní svazky navazuje vnější dřev velkými vodnatými buňkami. Vnitřní dřev je patrná jako tmavé jádro. Dřev je tvořena 0,1 - 0,2 mm velkými parenchymálními buňkami. Buněčná stěna je na vnitřní straně tvořena hlavně celulosou, mezi celulosovými vlákny a na vnější straně jsou uloženy pektiny, hemicelulosa a proteiny [32].



Obr. 5: Řez bramborovou hlízou [3]

1.4.2 Chemická skladba bramborové hlízy

Bramborová hlíza obsahuje z biochemického hlediska mnoho sloučenin nebo komplexů sloučenin, které představují jednoduché až složité systémy. Rozložení jednotlivých látek není v bramborové hlíze rovnoměrné.

Obsah jednotlivých složek není veličinou stálou, mění se řadou faktorů jako jsou: odrůda, půdně klimatické poměry, hnojení, pěstební agrotechnika, stupeň zralosti při sklizni, podmínky skladování apod. [8].

Mezi základní látky bramborových hlíz patří: voda, škrob, cukry, vláknina, tuk, minerální látky, N-látky. Kromě toho brambory obsahují ještě další důležité složky, které ovlivňují jejich chuť, nutriční a biologickou hodnotu jako vitamíny, alkaloidy, organické kyseliny, polyfenoly aj. [6].

Tabulka č. 1: *Chemické složení bramborové hlízy* [6]

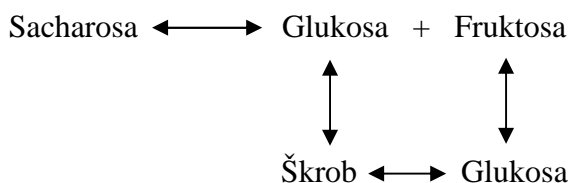
Ukazatel	Kröner, Völksen, Adler 1971		Van Loon, Miller, 1984	
	Průměr %	Rozpětí %	Průměr %	Rozpětí %
Voda	76,3	63,2-86,9	-	-
Sušina	23,7	13,1-36,8	-	-
Škrob	17,5	8,0-29,4	14,0	9,0-25,0
N - látky	2,0	0,7-4,6	2,0	1,2-2,5
Cukry celkem	0,5	Stopy – 8,0	0,9	0,1-5,0
Vláknina	0,7	0,2-3,5	0,7	0,4-1,0
Tuk	0,1	0,04-0,96	0,1	0,05-0,2
Minerální látky	1,1	0,4-1,9	1,0	0,3-1,2
Org. kyseliny	-	-	2,0	1,0-3,0
Fenolické látky	-	-	0,1	0,05-0,4

Voda zaujímá v bramborové hlíze největší podíl (zhruba 75 % hmotnosti) a plní v celkovém metabolismu hlízy velmi důležitou funkci. Zúčastní se biosyntézy organických sloučenin jako nezbytná stavební látka, slouží jako dopravní prostředek metabolitů buněčných reakcí a současně funguje jako teplotní regulátor [24]. Voda se vykytuje v buňkách v několika formách; především je to voda volná, dále voda hydratační a voda vázaná, kterou představuje voda nasáklá do štěrbin pletiv, popřípadě voda koloidní. Změny v obsahu vody jsou zcela závislé na změnách v obsahu sušiny [13].

Sušina hlízy, v průměru kolem 25 %, je tvořena ze 70 % škrobem, 9,5 % tvoří N-látky, 1 % tuk, 3 % cukry, 2,5 % organické kyseliny, 2,5 % minerální látky, 11 % připadá na balastní látky a 0,5 % tvoří zbytek [6]. Sušina není veličinou stálou, její hodnota je závislá na mnoha faktorech, jako je odrůda, vegetační rok a rovněž i podmínky pěstování. Během vegetace se obsah sušiny v hlízách zvyšuje, a to za všech podmínek pěstování. Největší intenzita tvorby sušiny je v období mezi plným květem a odkvětem rostliny, kdežto v období mezi odkvětem rostliny a zráním je již tato intenzita poněkud snížena [13].

Škrob je nejdůležitější glycidovou složkou bramborové hlízy [26], a to nejen z hlediska ekonomického výnosu, ale i z hlediska fyziologie výživy [25]. Tvoří současně nejpodstatnější část sušiny brambor. Obsah škrobu v hlízách brambor je odrůdovou vlastností. Závisí na fyziologické potenci odrůdy a je tedy geneticky ovlivněn. Brambory obsahují v průměru 17 % škrobu a jeho množství kolísá v našich poměrech od 13 do 24 % podle odrůdy, klimatických podmínek a agrotechniky [6].

Cukry ve vyzrálých a dobře skladovaných hlízách se vyskytují v malém množství (kolem 0,5 %), ale mají velký význam při zpracování brambor [27]. Mezi glycidy v hlíze existuje za normálních podmínek určitá dynamická rovnováha, kterou lze vyjádřit zhruba tématicky takto:



Při teplotě 10 - 20 °C je ve vyzrálé hlíze při této rovnováze asi 98 % škrobu a ostatní cukry jsou jen v malém množství. Obsah cukrů výrazně ovlivňuje teplota skladování brambor, pod 10 °C stoupá podíl redukujících cukrů i sacharosy [6].

Neškrobové polysacharidy, tvořící hlavně buněčné stěny a intracelulární součásti, označované jako hrubá vláknina [6], jsou tvořeny celulosou, hemicelulosou, pentozany a pektinovými látkami, jejich množství je uváděno 1,40 - 3,06 % v sušině brambor [28]. Podíl celulosy činí asi 10-20 %, podíl hemicelulosity obsahují uronovou kyselinu vázanou s pentozany je menší, u pentozanů se uvádí 5,5 - 8,5 % z celkových neškrobových polysacharidů. Pektinové látky možno rozdělit na menší podíl rozpustných (do 10 %) a větší podíl (70 - 80 %) silně polymerizovaný tzv. protopektin se nachází v buněčných stěnách, zbytek tvoří podstatu intracelulární substance. Podíl pektinových látek v čerstvé hmotě činí 0,21 - 0,41 %. V průběhu zrání hlízy protopektin stoupá, při skladování jeho množství klesá, čímž odvisí rozvářivost hlíz [13].

Dusíkaté látky jsou jedním z nejdůležitějších komplexů sloučenin bramborové hlízy, obsahují kolem 2,0 %. Na bílkoviny připadá asi 1/3 - 1/2, bývá uváděno 0,5 - 1,2 %, nebílkovinného dusíku tvoří volné aminokyseliny 3,4 %, amidy 36 %, (dále jsou přítomné bazické dusíkaté sloučeniny, purinové deriváty adeninu, glykoderiváty cholinu aj., rovněž steroidalkaloid solanidin. Byly nalezeny i aminy jako metylamin, n-propylamin). Význam-

nou složkou dusíkatého komplexu tvoří dusičnany. Množství dusičnanů je stanoveno jako dusičnanový anion NO_3^- [8].

Bramborová bílkovina je tvořena převážně globuliny (tuberin), přítomné jsou i albuminy (tuberinin) a malý podíl protaminů a glutelinů, a proto je po biologické stránce vysoce hodnotná. Při skladování se obsah N-látek výrazněji nemění. Vysoké dávky dusíku při hnojení plodiny mohou být příčinou zvýšeného obsahu dusičnanů [29].

Brambory obsahují velmi málo tuku. Hlíza obsahuje průměrně kolem 0,1 % hrubého tuku v původní hmotě. Největší podíl se nachází v peridermu. Převládají v něm nenasycené mastné kyseliny: linolová (50 %), linoleová (20 %), palmitová (20 %), stearová (5 %) [3]. Celkově je však poměrně stabilní, jen u sušených výrobků, kde se jeho koncentrace zvyšuje čtyřnásobně, dochází k oxidaci, ke změně vůně a chuti [7]. Proto se při sušení brambor používají antioxidanty [8].

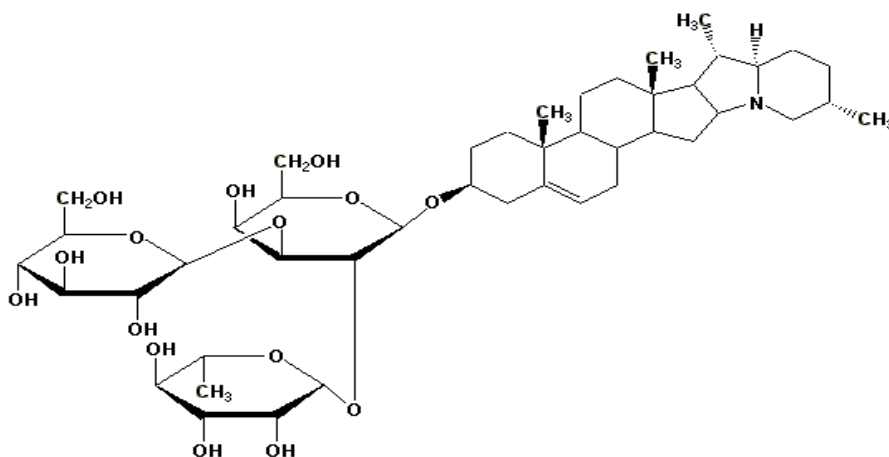
Minerální látky jsou obsaženy v hlíze v průměru 1 %, převážně ve slupce. Jejich množství bývá uváděno obvykle v oxidech v procentech z popela. V průměru činí podíl K_2O 56 %, P_2O_5 15 %, SO_3 6 %, MgO 4 %, Na_2O 3 %, CaO 1,5 %, SiO 1 %. Biologický význam minerálních látek v bramborách spočívá v převaze složek zásaditých (K, Na, Ca, Mg), jež jsou zastoupeny asi ze 70 %, oproti složkám kyselým (P, S, Cl, Si), asi ze 30 %, čímž připívají, podobně jako ovoce a zelenina, k vyrovnávání acidobazické rovnováhy v organismu [30].

Vitamíny jsou složkou, která činí z brambor významnou potravinu. Ve 100 g čerstvé hmoty se uvádí v průměru obsah vitamínu C 15 mg, kyseliny nikotinové 1,2 mg, kyseliny pantotenové 0,46 mg, thiaminu 0,11 mg, riboflavinu 0,05 mg, pyridoxinu 0,19 mg, provitamínu A 0,03 mg. Kolísání obsahu vitamínů je odvislé mezi jinými od odrůdy a klimatických podmínek. Nejvázanějším vitamínem je vitamín C, vyskytující se jako kyselina askorbová a dehydroaskorbová. Během vegetace se obsah vitamínu C zpočátku zvyšuje, kdežto nastávajícím zráním hlíz se obsah vitamínu snižuje. Z dalších vitamínů mají význam karotenoidy - α , β , γ - karoten, způsobující zabarvení dužniny. Ostatní vitamíny, zejména skupiny B, mají pouze nepatrný význam, protože jich je v hlízách obsaženo jen malé množství [3].

Význam mají také kyseliny, které vznikají při dýchání a vyskytují se ve větším množství jako meziprodukty látkové výměny. Průměrný obsah organických kyselin je asi

2,0 %, mezi ně patří kyselina citrónová, jablečná, iocitrónová, vinná, α -ketoglutarová aj., podmiňující aciditu buněčné šťávy (pH 5,6 - 6,2) a její puřovací funkci. Z mnoha organických kyselin, které se vyskytují v bramborách, bylo nalezeno největší množství kyseliny citrónové a jablečné, a to až do 1 % původní hmoty [13].

Jako u mnoha jiných rostlin podobného charakteru se i u brambor vyskytují alkaloidy. Nejdůležitějším alkaloidem je solanin, patřící ke skupině glykoalkaloidů. Solanin není homogenní látka, ale směs šesti glykosidů označovaných jako α , β , γ - solanin a α , β , γ - chaconin [45]. Všechny tyto glykosidy mají společný bezcukerný aglykon solanidin, vyskytující se též ve volné formě. Vyzrálé hlízy obsahují méně alkaloidů než hlízy nezralé [8].

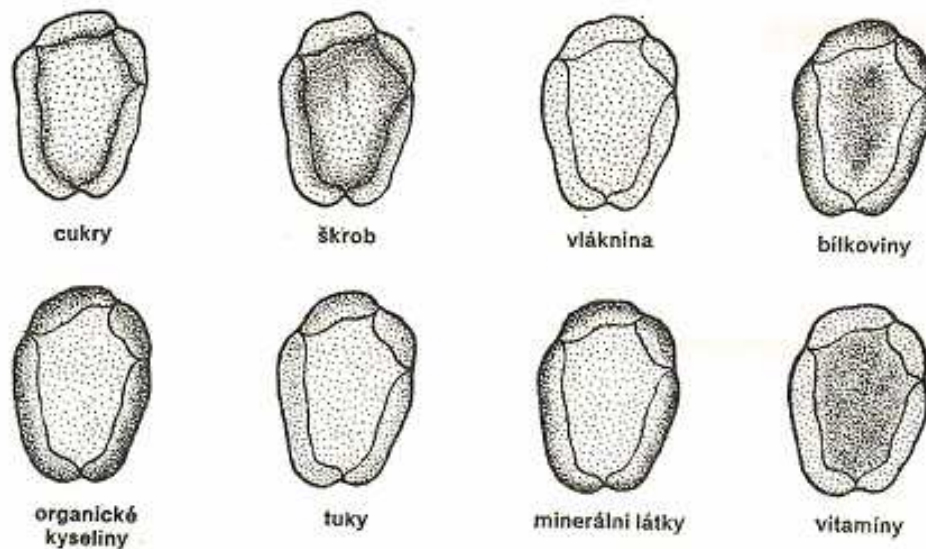


Obr. 6: α - solanin [35]

Barevné látky v dužnině hlízy patří mezi karotenoidy. Jsou uváděny hodnoty u variet s bílou dužinou 0,014 - 0,054 mg.100g⁻¹ sušiny, ze žlutou 0,110 - 0,187 mg. Novější údaje se pohybují v intervalu 0,13 - 1,40 μ g.g⁻¹. Byly izolovány pigmenty α - karoten, β -karoten, lutein, violaxantin aj. Vedle odrůdy obsah karotenoidů ovlivňují klimatické podmínky i stupeň zralosti. V posledním desetiletí bylo prokázáno, že všechny karotenoidy jsou účinnými antioxidanty a u některých byl prokázán příznivý vliv na prevenci rakoviny. Slupky některých odrůd mají červené nebo modré zbarvení, jež je přičítáno antokyanům [16].

Fenoly jsou zodpovědné za hnědé a šedomodré zbarvení brambor po rozkrojení. Vedle aminokyseliny tyrosinu a fenolových barevných sloučenin typu antokyanidinu, flavonu a flavonolu byly v bramborech nalezeny ještě tyto fenoly: kyselina p-kumarová, kyselina kávová a chlorogenová, umbeliferin, eskuletin, eskulin, scopolin, vanilín aj. Stejně tak byl v hlízách dokázán katechin. Mnohé z těchto fenolů, popř. jejich oxidační produkty, mají charakter tříslovin. Celkový obsah fenolových látek klesá s potupujícím zráním hlíz [6].

Jednotlivé složky nejsou v hlíze rovnoměrně rozloženy. Popeloviny, tuky, organické kyseliny, alkaloidy se nacházejí hlavně v korové vrstvě, vláknina ve slupce, cukry v oblasti cévních svazků, N-látky pod slupkou, škrob po obvodu stranách cévních svazků [8].



Obr. 7: Rozložení látek v hlíze brambor [8]

1.5 Pěstování brambor

Do Evropy byl brambor dovezen v 16. století. Přišel tak do jiných podmínek, než ve kterých prodělával svůj fyto-genetický vývoj v Jižní Americe. V podmínkách krátkého dne vzniklo v genovém centru „andském“, na dnešním území Peru a Bolívie *Solanum andigenum*, které bylo do Evropy dovezeno kolem roku 1565 přes Španělsko. V podmínkách

dlouhého dne vzniklo v „chiloánském” genovém centru na ostrově Chiloe *Solanum tuberosum*, které se do Evropy dostalo přes Britské ostrovy kolem roku 1585. Trvalo však téměř 200 let, než se započalo s pěstováním brambor na našem území. První záznamy o polním pěstování brambor u nás jsou zachovány až z poloviny 17. století. Jejich větší rozšíření se však uvádí až od počátku 19. století [36].

Základní ekologické požadavky bramboru se v podstatě shodují s optimálními podmínkami pro klíčení a vzházení, pro růst natě a její produkční výkon, tvorbu a růst nových hlíz [13]. V první etapě, tj. při klíčení, mají brambory omezené požadavky na vnější podmínky, a to pouze na teplotu a vzduch, protože pro ostatní potřeby klíčků jsou hlízy vybaveny dostatečnými zásobami, včetně zásoby vody. Ve druhé etapě, v období růstu natě, probíhá současně s růstem intenzivní fotosyntéza, takže kromě optimálních podmínek pro růst je nutno přihlížet zejména k optimálním podmínkám pro fotosyntézu. Ve třetí etapě, při vytváření hlíz, je kromě podmínek pro tvorbu a růst hlíz nutno přihlížet také k podmínkám pro syntézu a ukládání škrobu [31].

Z hlediska klimatickoekologických nároků náleží odrůdy evropského bramboru. Nejlépe jim vyhovuje přímořské klima s vyšší vzdušnou vlhkostí. V přechodném a vnitrozemském klimatu se klimatickoekologickým nárokům bramboru přibližují pouze vyšší polohy s častými srážkami a vyšší vlhkostí vzduchu [8]. Ve vyšších polohách jsou však větší teplotní rozdíly mezi dnem a nocí. Klimatické podmínky u nás se výrazně mění se stoupající nadmořskou výškou. Optimální klimatickoekologické podmínky jsou potřebné především pro pěstování bramborové sadby. Nejvyšší kvalitu sadby poskytují sadbové oblasti v nadmořské výšce nad 600 m n.v. Bramborům nejlépe vyhovuje slabě kyselá půdní reakce (pH 5,5 - 6,5), pozemky s dobrou úrovní staré půdní síly pravidelně hnojené organickými hnojivy, s humózní půdou, převážně drobtovité struktury [33]. Při výběru pozemků pro ranější sklizeň dáváme přednost jižním svahům, kde se půda na jaře rychleji prohřívá a je dříve zpracovatelná. Nejvhodnější jsou polohy chráněné před větrem, které současně méně trpí jarními mrazy [34]. Nevhodné pro rané brambory jsou těžké, studené půdy, které se z jara velmi pomalu zahřívají, zpožďuje se výsadba a u brambor se vyvíjí nať na úkor hlíz [32].

Světelné podmínky dlouhého dne podporují růst natě, častější tvorbu poupat a častější nástup kvetení. Nasazování hlíz je opožděno, ale hlízy jsou větší a vyrovnanější. Krátký

den naopak zpomaluje růst a nasazování poupat, ale dochází k častějšímu nasazování hlíz [13].

Teplota je nejdůležitějším vnějším faktorem ovlivňující růst i vývin rostlin. Optimální teplota pro klíčení hlíz je 15 - 20 °C. Nať začíná růst již při teplotě 5 - 6 °C, nejrychleji roste při teplotě 20 - 25 °C a při teplotě 30 °C se růst zastavuje. Teplota 40 °C poškozuje pletiva nadzemní části rostlin [33]. Optimální teplota pro tvorbu sušiny je 17 - 25 °C. Odolnost bramborové natě k nízkým teplotám je velmi malá. Při déletrvajících teplotách -1 až -1,5 °C nať mrzne. Optimální teplota půdy je 15 - 17 °C a ovzduší 25 °C [31]. Vodní a současně vzdušný režim je ovlivněn půdou, srážkovou nebo závlahovou vodou. Optimální poměr obou režimů závisí na vlastnostech půdy, zejména na půdním druhu a obsahu humusu v půdě. Vyhovující vzdušný režim pro brambory je u lehkých půd při 75 % max. vodní kapacity, u těžkých je při 40 - 50 % a středních půd při 55 - 75 % max. vodní kapacity [13].

2 ŠKROB

2.1 Vznik a vlastnosti škrobu

Škrob (lat. *amylum*) patří mezi nejvýznamnější polysacharidy [37]. V přírodě se vyskytuje v rostlinném materiálu jako rezervní látka v podobě zrněk uložených v semenech, kořenech, hlízách a listech [38].

Škrob vzniká jako hlavní metabolický produkt v chloroplastech listů zelených rostlin; poté bývá degradován na rozpustné sacharidy, z nichž je v jiných částech rostlin (hlízy, oddenky, plody atd.) syntetizován zásobní škrob, který se ukládá v podobě škrobových zrn ve zvláštních organelách, amyloplastech [48].

Škrob je významná surovina uplatňující se v potravinářství, farmacii, textilním a papírenském průmyslu. Podle surovin, ze kterých jsou vyrobené, rozeznáváme škrob bramborový, kukuřičný, pšeničný, rýžový a jiné škroby [49].

Hlavními zdroji škrobu v potravinách jsou brambory (*Solanum tuberosum*) a obiloviny, zejména pšenice (*Tritium aestivum*) a žito (*Secale cereale*) [3].

2.2 Chemické vlastnosti škrobu

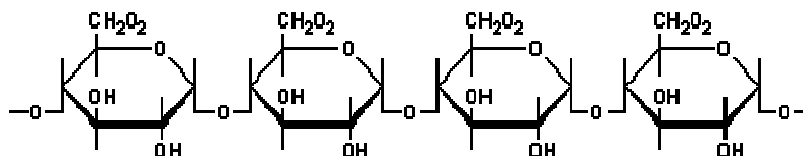
Škrob je vysokomolekulární polymer D-glukosy, v němž jsou monomerní jednotky spojeny $\alpha(1 \rightarrow 4)$ glykosidovými vazbami (lineární řetězce) a větvení je zajištěno $\alpha(1 \rightarrow 6)$ glykosidovými vazbami.

Škrob je složený ze dvou polysacharidů, které se dělí podle rozpustnosti ve vodě a liší se také strukturou. Ve vodě rozpustná část amyulóza (20 %) a nerozpustná část amylopektin (80 %). Základní jednotkou těchto polysacharidů je D- glukopyranosa [43].

2.2.1 Amylosa

Amylosa tvoří lineární řetězce, skládající se z 25 - 1000 glukosových jednotek, které jsou spojeny kyslíkovými můstky v poloze 1 a 4. Dlouhé řetězce jsou stočeny do spirály. Její spirálová forma je důležitá pro chování škrobu ve vodných roztocích [43]. Molekulová hmotnost amylosy se pohybuje řádově mezi $10^5 - 10^6$. Amylosa se ve vodě rozpouští na čirý, málo viskózní roztok, záhřevem nemazovatí [50]. Je elektricky neutrální. Její roz-

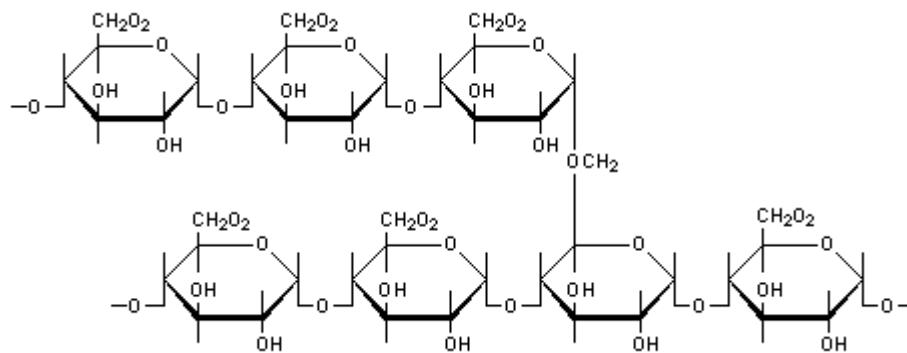
toky jsou nestálé a snadno podléhají retrogradaci. Jódem se barví modře, neredukuje Fehlingův roztok. Amylosa obsahuje ve své molekule jen nepatrné množství fosforu [43]. V přírodě se nevyskytuje v čisté formě, vždy je doplňován určitým množstvím amylopektinu. Kyselou hydrolyzou se štěpí amylosa přes maltosu a D-glukosu[39].



Obr. 8: Amylasa [42]

Amylopektin není tvořen pouze přímými řetězci glukosových jednotek pojených α -D-(1 – 4) glykosidovou vazbou, ale má i boční větvení s glykosidovými vazbami α -D-(1 – 6), a to přibližně po každých dvaceti až pětadvaceti glukosových zbytcích. Molekulová hmotnost amylopektinu se pohybuje řádově mezi 10^6 – 10^7 . Amylopektin je v horké vodě nerozpustný, pouze bobtná, rosolovává a dává viskózní stálé koloidní roztoky. Jódem se barví fialově. Amylopektin obsahuje také malé množství esterově vázané kyseliny fosforečné (0,17 % P_2O_5). Hydrolyzou amylopektinu pomocí enzymů amylas vznikají nízkomolekulární dextriny, maltosa a isomaltosa [40].

Dextriny jsou produkty neúplné hydrolyzy škrobu. Jsou bílé až slabě nažloutlé barvy, ve vodě rozpustné, nerozpustné v alkoholu, které se jódem barví různě, dle délky řetězce. S klesající molekulovou hmotností dextrinu klesá i schopnost tvořit barevné komplexy s jódem [38]. Dextriny vznikají také zahříváním škrobu na teplotu asi 160 °C. V technické praxi se využívají dextrinů k přípravě lepidel, k impregnaci tkanin, papíru, apod. [46]. Většina škrobů obsahuje podstatně více amylopektinu (80 - 85 %) než amylosy [44].

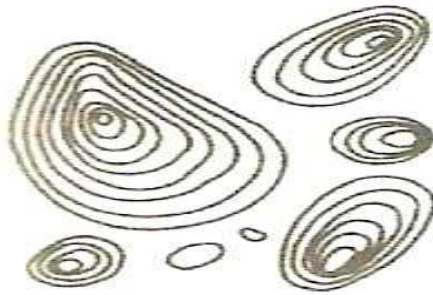


Obr. 9: Amylopektin [42]

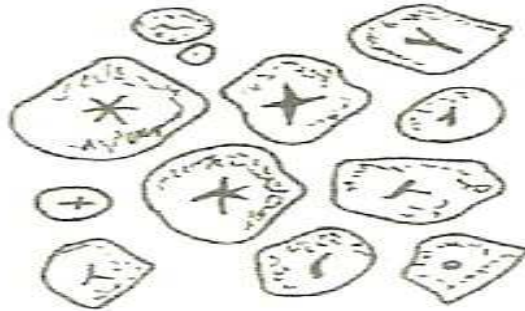
Škrob je bílý nebo slabě nažloutlý prášek, ve studené vodě nerozpustný, bez chuti a zápachu [50]. Je-li suchý, je celkem vůči prostředí inaktivní a dá se dobře skladovat. Příliš usušený poutá vzdušnou vlhkost, je hyroskopický. Je-li však vlhký, podléhá snadno zkáze, neboť i při nejlepší výrobě obsahuje zbytky rozpustných látek, které jsou vhodným živným prostředím pro růst a rozmnožování mikroorganismů. Škrob obsahují i nerozpustné látky, které svou odlišnou barvou ve vrstvičce škrobu tvoří skvrnky, tzv. stípy. Podle barvy, lesku a počtu stípů můžeme posoudit jakost škrobu. Zadní škroby mají tmavší, většinou šedavou barvu a velký počet stípů [43].

Pod mikroskopem se škrobová zrna nebo jejich shluky jeví velmi zřetelně. Pro jednotlivé druhy škrobu je charakteristická velikost, tvar a způsob vrstvení. Škrobová zrna se tvoří v buňce amyloplastech. Podle počtu iniciálních krystalizačních jader se tvoří buď jednoduchá nebo složená škrobová zrna. Jádro může být jedno, dvě nebo může být i více jader [47]. Podle původního krystalizačního centra pak můžeme rozeznat zrna koncentricky vrstevnatá a excentricky vrstevnatá. Vlivem prnutí se často uvnitř větších zrn vytváří rhexigenní dutina. V průběhu vývoje mohou škrobová zrna narůst do takových rozměrů, že dojde k protržení membrán amyloplastů a tím k uvolnění škrobových zrn do cytoplasmy [48].

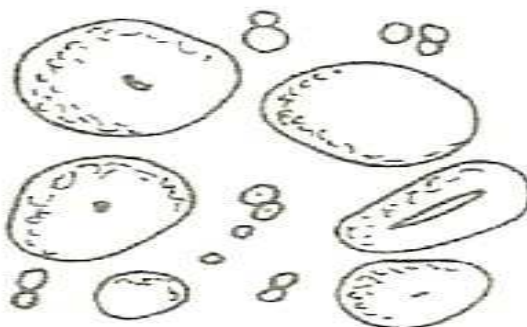
Bramborový škrob má největší zrna (70 - 100 μm), jsou oválného nebo eliptického tvaru s dobře zřetelným rýhováním. Jádro je excentricky uložené v užším konci se zřejmým mimostředním vrstvením.

Obr. 10: *Bramborový škrob*

Kukuřičný škrob má mnohostranná, tabulkovitá zrna s hvězdičkovitě rozeklanou dutinkou, bez zřetelného vrstvení. Velikost zrn je 8 - 20 μm .

Obr. 11: *Kukuřičný škrob*

Pšeničný škrob má dvojí zrna - velká a malá, obojí čočkovitého až kulatého tvaru. Velká zrna mají velikost 10 – 40 μm , malá do 8 μm . Uprostřed je slabě zřetelné jádro a téměř nepatrné centrické vrstvení [48].

Obr. 12: *Pšeničný škrob*

Mazovatění škrobu:

Ve studené vodě jsou škrobová zrna nerozpustná, při zahřívání zrna mírně bobtnají, přijímají vodu a postupně začnou ztrácet svoji původní strukturu. Se zvyšující se teplotou nabývá bobtnání škrobových zrn na intenzitě. Na počátku zahřívání zrna jen bobtnají, a tím zvětšují svůj objem. V důsledku toho stoupá viskozita suspenze. Při dalším zahřívání se do vody uvolňují molekuly amylosy a rozrušují se plně nabobtnalé části zbylého amylopektinu. Když zmazovatí veškerý nerozpustný škrob, začíná viskozita při neustálém míchání směsi klesat. Pokud se vzniklý gel nechá zchladnout, začnou se spolu opětně asociovat molekuly amylosy a amylopektinu a viskozita se zvyšuje [41].

3 CIZORODÉ PRVKY

3.1 Rtuť

3.1.1 Fyzikálně – chemické vlastnosti rtuti

Základní fyzikálně-chemické vlastnosti jsou:

- chemická značka Hg, lat. *Hydrargyrum*
- atomové číslo 80
- teplota tání $-38,83\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($234,32\text{ K}$)
- teplota varu $356,73\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($629,88\text{ K}$)
- hustota $13,534\text{ g.cm}^{-3}$ [51]



Obr. 13: Rtuť [53]

Rtuť náleží do skupiny II.B periodické tabulky prvků [64]. Je to lesklý, stříbrobílý, za normálních podmínek kapalný kov [51]. Je značně těkavý a není hořlavý. Páry rtuti těkají s vodní párou, které jsou 7x těkavější než vzduch. Rtuť je dobrým vodičem elektrického proudu [55]. Rtuť se za normální teploty slučuje s kyslíkem jen nepatrně, zřetelnější oxidace nastává za tepla, zejména kolem jejího bodu varu (na povrchu se tvoří zvolna vrstva oxidu rtuťnatého HgO). Ozón působí na rtuť za normální teploty za vzniku Hg_2O . Obdobná je reakce rtuti za normální teploty se sírou a halogeny. Rtuť tvoří s četnými kovy slitiny zvané amalgámy skoro se všemi běžnými kovy. Běžným oxidačním stavem je Hg^+ , Hg^{2+} . Snadno se slévá se sodíkem, draslíkem, stříbrem, zlatem, zinkem, cínem, olovem.

Mědí pouze tehdy, je-li měď jemně rozptýlena. Neslévá se s manganem, železem, kobaltem a niklem [51].

Rtuť patří mezi cizorodé prvky a už v nepatrném množství má negativní vliv na rostliny, zvířata i člověka. Rtuť je vysoce toxická a pro svou schopnost ničení či poškozování struktury bílkovin v buňkách představuje nebezpečí jak pro organismy živočichů i rostlin. Toxicita je závislá na způsobu, jakým se rtuť do organismu dostává (požitím, inhalací nebo difusí pokožkou) a na formě, ve které je organismem přijata [52].



Obr. 14: *Toxické účinky rtuti na rybu* [56]

Používá se na výrobu chemikálií, v elektrotechnice, jako náplň teploměrů, barometrů, při výrobě amalgámů, v nátěrových hmotách jako antibakteriální a fungicidní přísady, v chemii (polarografie – kalomelová elektroda obsahující chlorid rtuťnatý) atd. [55]

3.1.2 Rtuť v lidském organismu

V lidském organismu je obsaženo 0,001 - 0,01 mg Hg.kg⁻¹ hmotnosti. Celkový obsah činí u dospělého člověka asi 0,07 - 0,7 mg Hg. Denní příjem potravou a nápoji na 1 obyvatele ČR je asi 0,015 mg Hg [52]. Tolerovaná denní dávka celkové rtuti pro dospělého člověka činí 0,05 mg a tolerovaná denní dávka methylrtuti 0,033 mg [57]. Biologický význam Hg pro lidský organismus nebyl prokázán [52].

Rtuť a její sloučeniny patří mezi nejtoxičtější látky [57]. Za nejtoxičtější sloučeniny rtuti jsou pokládány její ethyl a methylsloučeniny, obecně alkylsloučeniny, které navíc mají výraznou tendenci k bioakumulaci [52]. V metabolismu i toxickému působení elementární Hg a jejích sloučenin existují významné rozdíly. V organismu může docházet k transformaci jedné formy rtuti na druhou. Elementární Hg je v organismu poměrně rychle

oxidován na Hg^{2+} , fenylrtuť se štěpí a uvolňují se Hg^{2+} ionty, methylrtuť se demethyluje a naopak anorganické sloučeniny Hg se mohou působením střevní mikroflóry methylovat. Alkylsloučeniny rtuti s krátkým řetězcem (methylrtuť) jsou relativně více odolné vůči biotransformaci na rozdíl od arylsloučenin rtuti (fenylrtuť) [57].

Otravy rtutí a jejími sloučeninami jsou velice vážné a obvykle končí vážným poškozením lidského organismu až smrtí. Hlavní příčinou otrav rtutí je vdechování jejích par. Za normální teploty může dosáhnout poměrně vysoké koncentraci par. Kovová rtuť se může také vstřebávat kůží [57]. Významnými toxickými sloučeninami jsou chlorid rtuťnatý a dusičnan rtuťnatý. Mezi méně toxické či netoxické patří chlorid rtuťný a sulfid rtuťnatý. Rtuť se většinou vylučuje ledvinami, v menší míře střevem nebo sliznicí dutiny ústní [64].

Hlavními orgány, které jsou poškozeny při intoxikaci rtutí a jejími sloučeninami je mozek a ledviny. Neurotoxické účinky převažují u otrav methylrtutí. Významnými klinickými příznaky jsou poruchy chování, řeči, polykání a sluchu. Typické symptomy jsou zúžení zorného pole, atrofie mozku se ztenčením vrstvy mozkové kůry. Rtuť je schopna proniknout přes placentární bariéry a intoxikovat plod [64].

Používání sloučenin rtutí k chemickému ošetření obilí vedly k otravám. Jedním z nejznámějších historických případů je hromadná otrava obyvatel Iráku v letech 1971 - 1972, kdy stát věnoval rolníkům levné mořené osivo, které použili pro krmné slepic a výrobu chleba. Jinou podobou událostí byla hromadná otrava obyvatel i některých zvířat rtutí v japonské zátocě Minamata v roce 1953, kdy byla rtuť kontaminována odpadní voda z chemické továrny. Kromě smrtelných případů měla otrava vážné následky u dětí (nádorová onemocnění, genetické poškození a jiné zdravotní problémy) [65].



Obr. 15: *Projev otravy rtutí* [58]

3.1.3 Rtuť v rostlinách

Průměrný obsah rtuti u rostlin se pohybuje v rozmezí 0,005 – 0,2 mg.kg⁻¹ sušiny [59]. Rostlinami je přijímána především ve formě Hg(OH)₂ a HgOHCl z půdního roztoku. Pohyblivost rtuti v rostlinách je velmi malá a většina přijaté rtuti je obsažena v kořenech [60].

Toxicita rtuti spočívá v jejím působení na propustnost buněčných membrán, v reakci s -SH skupinami bílkovin v její schopnosti vázat se na ATP a ovlivňovat tak jeho aktivitu [78]. V rostlině může být rtuť přemísťovaná do různých tkání, a to v důsledku vazby s atomy síry v, enzimech, bílkovinách a AMK [74]. Intoxikace rostlin rtutí je spojena s výskytem chloróz a omezením růstu kořenového systému. Dochází ke snižování obsahu chlorofylu a poruchám v uspořádání membránových struktur buněk. Rostliny, které mají vysokou schopnost kumulace rtuti jsou mechy [61], lišejníky, a vodní rostliny [78].

3.1.4 Rtuť v půdě

Průměrný obsah rtuti v půdě je 0,02 - 0,2 mg. kg⁻¹ [57]. U rostlin pěstovaných na rtutí kontaminovaných půdách se může obsah podstatně zvyšovat. V půdě je rtuť nejnáze rostlinami přijímána při pH/KCl půdy v rozmezí 2,5 - 5,5 [62]. Obsah Hg v půdě je dán především pedogenetickými procesy a může se vyskytovat ve třech formách:

- elementární Hg: těkavá a slabě rozpustná ve vodě,
- dvojmocná anorganická forma (Hg²⁺): vyznačuje se vysokou afinitou k mnohým organickým a anorganickým ligandům, speciálně obsahují-li sирné funkční skupiny,
- methylrtuť (CH₃Hg⁺): představuje sloučeniny s vysokou perzistencí v prostředí [82].

Rozdělení forem rtuti v půdách je závislé na půdní reakci a redox potenciálu [79]. Hlavním zdrojem kontaminace půd rtutí jsou imise způsobené spalováním uhlí, ke zvýšené koncentraci Hg v půdě může dojít také po aplikaci čistírenských kalů a jako možný zdroj je uváděna aplikace NPK hnojiv a používání fungicidů vyrobených na bázi rtuti.

Ke snížení negativního vlivu rtuti v půdě lze zvýšit pH půdy zejména vápněním a zamezit výskyt redukčních podmínek v půdě [74].

3.2 Kadmium

3.2.1 Fyzikálně–chemické vlastnosti kadmia

Základní fyzikálně–chemické vlastnosti jsou:

- chemická značka Cd, lat. *Cadmium*
- atomové číslo 48
- teplota tání 321,07 °C (594,22 K)
- teplota varu 767 °C (1040 K)
- hustota 8,65 g.cm⁻³ [67]



Obr. 16: *Kadmium*[68]

Kadmium patří společně s rtuť a zinkem do II.B skupiny periodické soustavy [64], v přírodě je stálým průvodcem zinku [67], je měkký, lehce tavitelný, toxický kovový prvek stříbřité barvy [55]. Byl objeven v roce 1817 německým chemikem Friedrichem Stohmeyerem [67]. Nejběžnějším oxidačním stavem je Cd²⁺, může se ale vyskytovat i v oxidačním stavu Cd⁺. V silných minerálních kyselinách je kadmium dobře rozpustné za vývoje plynného vodíku. Na vzduchu shoří na oxid kademnatý CdO. Reaguje se sírou, halogeny i dalšími nekovy. Kadmium vstupuje do komplexů s organickými látkami včetně látek biologicky aktivních [54].

Kadmium se uplatňuje jako přísada do různých slitin, na výrobu galvanických článků (Ni-Cd akumulátory), dále jako lapač neutronů v jaderných elektrárnách, jako antiko-

rozní materiál, do slitin na zubařské plomby. Využívá se také jako stabilizátor při výrobě plastů (PVC) [55].

3.2.2 Kadmium v lidském organismu

Kadmium se do našeho těla může dostat několika cestami. S malými částicemi prachu dýchacími cestami. Zažívacím traktem při polykání hlenů. V plicích se vstřebává 10 - 40 % kadmia v závislosti na jeho chemické formě, páry se absorbují až z 50 %, v trávicím traktu se váže až 29 % kadmia, které přijmeme. Denní příjem kadmia se u lidí pohybuje na úrovni 50 µg [81].

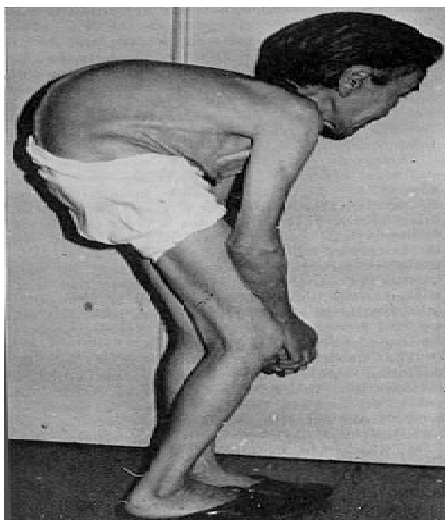
Eliminace kadmia v organismu živočichů je velmi pomalá. Při otravě kadmii mohou být poškozeny ledviny a játra, kadmium dále může způsobit poškození plodu a může mít karcinogenní účinky, poškozuje pohlavní orgány a má vliv na krevní tlak. Při akutní otravě vyvolává selhání ledvin [66]. Kadmium také dokáže vytěsnit zinek z různých enzymů, a tím porušit průběh metabolických reakcí [64]. Osteoporóza také patří do chronické otravy, vyšší obsah kadmia působí na metabolismus vápníku a způsobuje jeho zvýšené vylučování z organismu.



Obr. 17: *Dítě, které bylo v průběhu těhotenství vystaveno účinkům kadmia [69]*

Případem hromadné intoxikace lidí kadmii v prefektuře Toyama v Japonsku byla otrava, která se projevovala selháním ledvin a měknutím kostí. Byla provázena velkými

bolestmi díky nimž vznikl název pro nemoc Itai-Itai. Kadmium se dostávalo z těžebních závodů do řek, jejichž vodou byla zavlažována rýžová pole. Postižení obyvatelé oblasti přijímali denně v potravě asi 300 až 400 µg kadmia, což je asi dvacetinásobek přirozeného příjmu kadmia [66].



Obr. 18: Onemocnění *Itai-Itai* [70].

3.2.3 Kadmium v rostlinách

Do potravního řetězce kadmium vstupuje především prostřednictvím rostlin [81], které jej přijímají kořenovým systémem [71]. Průmyslové imise obsahující kadmium mohou škodlivě působit i na povrch rostlin, kdy je možnost absorpce kadmia z povrchu listů do rostlinných pletiv [75].

V rostlinách způsobuje kadmium vážné změny v metabolismu a vede ke vzniku růstové deprese, poklesu fotosyntetické aktivity a množství listového chlorofylu [81]. Proti působení kadmia se rostliny brání. V průběhu velmi krátké doby zahájí rostlinné buňky v přítomnosti těžkého kovu syntézu triolových sloučenin, jako jsou glutathion a fytochelatiny. Fytochelatiny jsou peptidy, mající schopnost vázat toxické kovy a umožňují tak rostlině transportovat ionty těchto kovů do vakuoly, kde již bezprostředně svými účinky rostlinný organismus neohrožují [77]. Nejdůležitějším faktorem ovlivňující akumulaci Cd v rostlinách je jeho koncentrace v půdě a hodnota pH [72].

Rostliny mají výrazně rozdílnou rezistenci vůči účinku kadmia. Velmi citlivé jsou špenát a sója, zatímco brambory a rajčata jsou značně odolné. Význačným zdrojem kadmia pro rostliny mohou být průmyslová hnojiva [71].



Obr. 19: *Nekróza u hořčičného listu [73]*

3.2.4 Kadmium v půdě

Průměrný obsah kadmia v půdě v přirozených podmínkách se nejčastěji pohybuje v rozmezí 0,01 - 1,1 mg.kg⁻¹. Kadmium je v půdě obsaženo v primárních minerálech, ve formě nerozpustných sraženin, hydratovaných oxidů Mn, Fe, Al, ve vazbě na organickou hmotu, v koloidním systému a v nepatrné míře v půdním roztoku [80].

Do životního prostředí se kadmium dostává několika cestami. Do ovzduší se dostává v důsledku spalování uhlí, odpadů, z dolů a rafinérií. Do půd se dostává z kalů (čistírny odpadních vod). Kadmium se v půdě kumuluje nejvíce ve vrstvě 0 - 5 cm a s přibývajícím hloubkou jeho koncentrace klesá. Vzhledem k tomu, že obsah kadmia v půdě se stal v mnoha směrech limitujícím faktorem, je třeba uvést některé důležité poznatky o vztazích tohoto prvku k půdním podmínkám [71].

Jeho přeměny závisí zejména na těchto faktorech:

- s klesající hodnotou pH stoupá silně rozpustnost Cd a jeho pohyblivost. Nejpohyblivější je při pH 4,5 - 5,5.
- v zásaditém prostředí je poměrně málo pohyblivý. Při pH nad 7,5 přestává být kadmium rozpustné, a proto o jeho přijatelnosti rozhoduje rozpustnost CdCO₃ a pravděpodobně také Cd₃(PO₄)₂.

- za přítomnosti síranů dochází k vysrážení Cd, a tím ke snížení jeho rozpustnosti. Chloridové ionty zvyšují pohyblivost Cd v půdě a zvyšují množství Cd vázaného na montmorillonit.
- s humínovými kyselinami vytváří Cd komplexy, které jsou však méně stabilní jako komplexy těchto kyselin s Cu a Pb.
- koncentrace Cd v půdním roztoku je poměrně nízká a podle dostupných údajů tvoří 0,2 - 6 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Hodnoty kolem 300 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pravděpodobně ukazují na otravu půdy [82].

Obsah kadmia v půdě ovlivňuje významně také půdní mikroorganismy. Je známo, že zvýšená koncentrace iontů kadmia v půdním výluhu má silný inhibiční efekt na půdní mikroorganismy a vysoké dávky Cd mohou půdní mikroflóru přímo poškozovat [76].

PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

V současné době je životní prostředí vystaveno negativním vlivům, které sebou přináší lidská činnost. V důsledku toho, se setkáváme se zamořením potravního řetězce látkami, které jsou toxické pro lidský organismus. Mezi takovéto látky patří i cizorodé prvky.

Cizorodé prvky se mohou v některých rostlinách kumulovat aniž by docházelo ke zjevným symptomům jejich toxicity. Jednou z takovýchto rostlin tolerantním vůči toxickým prvkům jsou i brambory.

Konkrétní cíle mé diplomové práce byly:

1. V literární části charakterizovat anatomické, morfologické a chemické vlastnosti brambor, význam a jejich pěstování. Dále zpracovat literaturu o současných poznatcích o vlivu rtuti a kadmia na lidský organismus, půdu a rostliny.
2. Založit nádobový pokus se stupňovanými dávkami rtuti a kadmia v půdě. Jako indikační plodiny použít velmi rané brambory.
3. U pěstovaných hlíz provést chemické analýzy na obsah sušiny, škrobu, rtuti a kadmia.
4. Získané výsledky graficky zpracovat a srovnat dosažené výsledky s literaturou.

5 METODIKA PRÁCE

Brambory byly pěstovány v plastových vegetačních nádobách, které byly umístěny v kryté vegetační hale. Jako indikační plodina byly použity velmi rané brambory odrůdy KORUNA a KRYSTALA. Do každé nádoby bylo navažováno 10 kg stejné zeminy.

Před výsadbou brambor byla provedena aplikace živin do vegetačních nádob, a to:

- 400 mg N ve formě síranu amonného,
- 380 mg P₂O₅ ve formě trojitého superfosfátu,
- 520 mg K₂O ve formě síranu draselného.

Výsadba brambor byla provedena po jedné hlíze na nádobu do hloubky 8 cm. Každá varianta byla 4x opakována. Do pokusu byly zařazeny varianty se stupňovanými dávkami rtuti, kadmia podle následujícího schématu:

Tabulka č. 2: *Schéma pokusu – čísla variant a jim odpovídající přídavek rtuti a kadmia do půdy v mg.kg⁻¹ zeminy.*

Číslo varianty	Použitý přídavek cizorodých prvků do půdy
1	KONTROLA
2	0,8 mg Hg.kg ⁻¹
3	6,4 mg Hg.kg ⁻¹
4	12,8 mg Hg.kg ⁻¹
5	25,2 mg Hg.kg ⁻¹
6	0,4 mg Cd.kg ⁻¹
7	1,0 mg Cd.kg ⁻¹
8	2,0 mg Cd.kg ⁻¹
9	4,0 mg Cd.kg ⁻¹

Stupňované dávky uvedených prvků vycházely z jejich limitních obsahů v půdách (Vyhláška MŽP ČR 13/1994 Sb.). Aplikace cizorodých prvků byla provedena 30 dní před výsadbou, a to:

- v případě rtuti ve formě oxidu rtuťnatého, který byl rozpuštěn v minimálním množství koncentrované kyseliny dusičné a následně zředěn destilovanou vodou,

- v případě kadmia ve formě dusičnanu kadmatého, který byl rozpuštěn v destilované vodě,

Přirozený obsah výše uvedených cizorodých prvků v kontrolní zemině byl následující:

- rtuť – 0,11 mg.kg⁻¹ zeminy,
- kadmium – 0,21 mg.kg⁻¹ zeminy,

V průběhu vegetace byla prováděna pravidelná záливka, kypření, přihnutí zeminy k rostlinám a likvidace plevelů.

Skližeň hlíz proběhla po 90 dnech vegetace, kdy jsou v konzumní zralosti. Po následném oloupaní byly prováděny chemické analýzy dužniny bramborových hlíz z jednotlivých variant.

Konkrétně byly stanovovány:

- a) obsah sušiny [83],
- b) obsah škrobu - polarimetricky metodou podle Ewarse [84],
- c) množství cizorodých prvků - metodou atomové absorpční spektrometrie po mineralizaci dužniny bramborových hlíz ve směsi koncentrované kyseliny sírové a 30 % peroxidu vodíku.

5.1 Stanovení obsahu sušiny

Vázková metoda

Čistá miska byla vysušena v sušárně při teplotě 105 °C a po ochlazení v exsikátoru byla zvážena. Po zvážení misky bylo vloženo 10 g bramborové kaše a zváženo s přesností na 0,01 g. Miska byla vložena do vyhřáté sušárny při 70 °C po dobu dvou hodin. Ke konci sušení byla teplota zvýšena na 105 °C. Po vychladnutí v exsikátoru byla zvážena s přesností na 0,01 g. Stanovení bylo provedeno 3x a byl vypočten průměr ze třech stanovení.

5.2 Stanovení obsahu škrobu

Vzorek byl nastrouhán na velmi jemnou kaši. Nastrouhání bylo provedeno rychle a vzorek byl ihned přemístěn do dobře uzavíratelné láhve, ze které byl po důkladném promíchání navážen.

Navazování bylo prováděno rychle, aby nenastaly ztráty odparem. Navážka je přesně 10 g a výsledek polarizace se při tomto způsobu navazování byl přepočítán na 10 g.

Navážka se kvantitativně spláchla 25 ml HCl 0,422 % do Stifovy odměrné baňky na 100 ml. Po důkladném promíchání k obsahu baňky byl přidán dalších 25ml HCl téže koncentrace a tímto přídatkem bylo splachováno hrdlo baňky, které pak bylo postaveno do vroucí vodní lázně přesně na 15 min. počítáno od chvíle, kdy se var lázně po vložení baňky obnovil. První 3 minuty baňkou ponořenou v lázni bylo stále krouženo, aby byl obsah v pohybu, během další doby byl zamíchán jen občas. Po vyjmutí z vodní lázně byl doplněn ihned obsah baňky studenou destilovanou vodou asi na 80 ml a ochlazen proudem vody na 20 °C. Pro vyčeření byl přidán po 0,5 ml každého z roztoků Carrezova čeridla. Nejprve se přidal roztok síranu zinečnatého a po jeho promíchání roztok ferrokyanidu draselného. Krouživým pohybem byl promíchán obsah baňky. Potom byla baňka doplněna vodou ke značce a po promíchání byl roztok filtrován suchým filtrem do suché kádinky. První podíl filtrátu byl vrácen na filtr a čirý filtrát byl polarizován v trubici 200 mm.

Výpočet a vyjádření výsledku:

Obsah škrobu v $\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ se vypočítal ze vztahu:

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha]_{\lambda}^t \cdot l},$$

Kde:

α – změřený úhel otočení [°]

$[\alpha]_{\lambda}^t = 195,5^{\circ}$ - specifická otáčivost pro bramborový škrob [°]

l – délka polarimetrické trubice [dm]

Obsah škrobu v analyzovaném vzorku se potom vypočítal v hmotných % z tohoto vztahu:

$$\check{S} = \frac{c \cdot 100}{n} \cdot 100,$$

Kde:

n – navážka vzorku k analýze [g]

5.3 Stanovení množství cizorodých prvků

Pro stanovení cizorodých prvků byl 1 g sušené rostlinné hmoty (proseté přes síto velikosti ok 1 mm) mineralizován ve směsi koncentrované kyseliny sírové a 30 % peroxidu vodíku. Po vybělení byl roztok kvantitativně převeden do odměrné baňky 250 ml a doplněn po rysku destilovanou vodou. Takto připravené mineralizáty byly proměřeny na atomovém absorpčním spektrometru. Tyto rozbory byly prováděny firmou Agrotest Fyto s.r.o., Kroměříž.

Výsledky jsem graficky zpracovala za pomoci programu Microsoft® Office Excel a uvádím je ve výsledkové části.

6 VÝSLEDKY

6.1 Obsah sušiny a škrobu

6.1.1 Odrůda KORUNA

Průměrný obsah sušiny a škrobu v bramborových hlízách získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohové části v tabulce (Tab. P. I.) a (Tab. P. II.). Pro lepší přehlednost jsou získané výsledky znázorněny také v grafu (Graf P. I.) a (Graf P. II.).

Obsah sušiny v hlízách brambor se pohybovalo v rozpětí 16,32 % až 20,75 %. Rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou činil 4,43 %. Nejvyšší obsah sušiny v hlízách brambor byl stanoven u varianty s přídatkem 0,8 mg Hg.kg⁻¹ v půdě. Nejnižší obsah byl stanoven u varianty s přídatkem 25,2 mg Hg.kg⁻¹. Stupňované dávky rtuti měly za následek snížení sušiny bramborových hlíz. Při zvyšujících se dávkách rtuti (6,4 mg Hg.kg⁻¹) došlo k poklesu sušiny, a to ve srovnání s předchozí variantou tj. 0,8 mg Hg.kg⁻¹, i ve srovnání s variantou kontrolní. Varianta s přídatkem 12,8 mg Hg.kg⁻¹ v půdě se snížila ve srovnání s předchozí variantou tj. 6,4 mg Hg.kg⁻¹, i ve srovnání s variantou kontrolní. U varianty s nejvyšším obsahem rtuti došlo k průkaznému snížení obsahu sušiny z 20,75 hmot. % na 16,32 hmot. %.

Stupňované dávky kadmia měly za následek snižování sušiny. Varianta s nejnižším obsahem kadmia 0,4 mg Cd.kg⁻¹ v půdě ve srovnání s kontrolní variantou však vykazovala nižší obsah sušiny, a to o 2,65 % (pokles z 20,75 hmot. % na 20,20 hmot. %). Následující varianta 1,0 mg Cd.kg⁻¹ byla nižší než kontrolní varianta, a to o 6,37 % (pokles z 20,75 hmot. % na 19,43 hmot. %). Varianta s obsahem kadmia 2,0 mg Cd.kg⁻¹ též byla nižší než kontrolní varianta, a to o 9,20 % (pokles z 20,75 hmot. % na 18,84 hmot. %). U velmi vysokého množství kadmia v půdě (u varianty s 4,0 mg Cd.kg⁻¹) bylo zaznamenáno další snížení obsahu sušiny v bramborových hlízách. Konkrétně to bylo 18,51 hmot. %, zatímco u kontroly byl stanoven průměrný obsah sušiny 20,75 hmot. %.

Množství škrobu v dužnině bramborových hlíz se pohybovalo v rozmezí od 9,79 % do 14,49 % v čerstvé hmotě. Rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou činil 4,7 %. Nejnižší množství škrobu bylo naměřeno ve variantě s koncentrací 25,2 mg Hg.kg⁻¹, nejvyšší obsah škrobu byl zjištěn v kontrolní variantě přirozeným obsahem Hg v půdě.

U varianty s přidavkem $0,8 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě byl obsah škrobu v dužnině hlíz o 10,28 % nižší než u kontrolní varianty (pokles z 14,49 % na 13,00 %). U varianty s přidavkem $6,4 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě byl obsah škrobu v dužnině hlíz o 13,11 % nižší než u kontrolní varianty (pokles z 14,49 % na 12,59 %). U varianty s přidavkem $12,8 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě byl obsah o 15,80 % nižší s porovnáním s kontrolní variantou (pokles z 14,49 % na 12,20 %) a u varianty s přidavkem $25,2 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě byl také nižší, a to 32,43 % než u kontrolní varianty (pokles z 14,49 % na 9,79 %). Průměrný obsah škrobu u všech variant činil 12,41 %.

Zvyšující se obsah kadmia v půdě vedl ke snižování obsahu škrobu v bramborových hlízách. U kontrolní varianty byl průměrný obsah škrobu v čerstvé hmotě 14,49 %. Zvyšováním dávky na $0,4 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ v půdě se projevilo snížení obsahu škrobu v čerstvé hmotě na hodnotu 13,55 %, což představuje snížení o 6,49 %. Dalším zvýšením přidavku Cd do půdy $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ se průměrný obsah škrobu v hlízách snížil pouze o 11,39 % oproti kontrolní variantě. Díky dalšímu zvyšování obsahu Cd v půdě vedlo ke snížení obsahu škrobu v čerstvé hmotě u hlíz brambor. U varianty s přidavkem $4,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ v půdě byl obsah škrobu v dužnině hlízy o 15,46 % nižší než u kontrolní varianty. Průměrný obsah škrobu u všech variant činil 12,87 %.

6.1.2 Odrůda KRYSTALA

Průměrný obsah sušiny a škrobu v bramborových hlízách získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohové části v tabulce (Tab. P. III.) a (Tab. P. IV.). Pro lepší přehlednost jsou získané výsledky znázorněny také v grafu (Graf P. III.) a (Graf P. IV.).

Obsah sušiny v hlízách brambor se pohybovalo v rozpětí 19,50 % až 21,87 %. Pokles mezi maximální a minimální hodnotou činil 2,37 %. Nejvyšší obsah sušiny v hlízách brambor byl stanoven u kontrolní varianty. Nejnižší obsah byl stanoven u varianty s přidavkem $12,8 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$. U varianty s koncentrací $0,8 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě byl zjištěn v průměru o 0,32 % nižší obsah sušiny než u kontrolní varianty (pokles z 21,87 hmot. % na 21,80 hmot. %). U varianty s koncentrací $6,4 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě došlo také ve srovnání s kontrolní variantou k poklesu sušiny v hlízách brambor, a to v průměru o 7,6 % (pokles z 21,87 hmot. % na 20,21 hmot. %). Varianta s přidavkem $12,8 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě se snížila ve srovnání s předchozí variantou, kde byl přírůstek $6,4 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$, i ve srovnání

s variantou kontrolní. Dávka $25,5 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě sice znamenala vyšší obsah sušiny oproti předchozí variantě, ale i přesto nedosáhla hodnot získaných z varianty kontrolní.

Stupňovité dávky kadmia se projevily poklesem sušiny bramborových hlíz. Při vyšších dávkách kadmia (od $1,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$) došlo k poklesu sušiny, a to ve srovnání s variantou s $0,4 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$, i ve srovnání s variantou kontrolní. Následující varianta s přídatkem $2,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ měla vyšší obsah sušiny než předešlá varianta s přídatkem $1,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$. Velmi vysoký obsah kadmia v půdě v případě varianty $4,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ znamenalo nejnižší obsah sušiny v bramborových hlízách. Konkrétně to bylo $19,02 \text{ hmot. \%}$, zatímco u kontrolní varianty byl stanoven průměrný obsah sušiny $21,87 \text{ hmot. \%}$.

Obsah škrobu v čerstvé hmotě v hlízách brambor se pohybovalo v rozmezí $12,10 \%$ až $15,55 \%$. Maximálního obsahu škrobu v čerstvé hmotě bylo dosaženo u kontrolní varianty. Minimální obsah škrobu byl zjištěn u hlíz, které byly pěstovány na půdě s koncentrací rtuti $25,2 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$. Při porovnání s kontrolní variantou, kde obsah škrobu byl $15,55 \%$ docházelo u varianty s obsahem $0,8 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě k poklesu obsahu škrobu v čerstvé hmotě a to o $9,19 \%$ (pokles z $15,55$ na $14,12 \%$ škrobu v čerstvé hmotě), v případě varianty s přídatkem $6,4 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě byl obsah o $9,26 \%$ nižší s porovnáním s kontrolní variantou (pokles z $15,55$ na $14,11 \%$). U varianty s přídatkem $12,8 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ v půdě byl nižší a to o $14,98 \%$ než u kontrolní varianty (pokles z $15,55$ na $13,22 \%$ škrobu v čerstvé hmotě). U poslední varianty, kde byly brambory pěstovány na půdě s nejvyšším obsahem rtuti v půdě ($25,2 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$) bylo dosaženo nejnižšího obsahu škrobu v čerstvé hmotě. Průměrný obsah škrobu u všech variant činil $13,82 \%$.

Stupňované dávky kadmia se projevily výrazně méně na obsahu škrobu ve srovnání s variantami, kde byla použita rtuť. Průměrný obsah škrobu v čerstvé hmotě u všech variant byl $15,20 \%$. Rozdíly mezi jednotlivými variantami s přídatkem kadmia byly ve vztahu k množství škrobu zcela zanedbatelné. Rozdíl mezi kontrolní variantou a variantou s $0,4 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ v půdě byl $0,64 \%$ (pokles z $15,55$ na $15,45 \%$ škrobu v čerstvé hmotě). Varianty s obsahem kadmia $1,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ a $2,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$, znamenali koncentrace škrobu nižší než kontrolní varianta v případě $1,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ v půdě o $2,76 \%$ (pokles z $15,55$ na $15,12 \%$ škrobu v čerstvé hmotě) a $2,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ v půdě o $2,96 \%$ (pokles z $15,55$ na $15,09 \%$ škrobu v čerstvé hmotě). Nižší obsah škrobu v čerstvé hmotě se vyskytl u varianty $4,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ v půdě kde rozdíl činil $0,76 \%$.

6.2 Obsah škrobu v celkové sušině

6.2.1 Odrůda KORUNA

Průměrný obsah škrobu v celkové sušině z hlíz brambor získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohouvé části v tabulce (tab. P. V.). Pro přehlednost jsou výsledky znázorněny také v grafu (graf P. V.).

Obsah škrobu v hlízách brambor se pohybovalo v rozpětí 69,08 % až 73,03 % v celkové sušině, což činí rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou 3,95 %. Nejnižší obsah škrobu v celkové sušině byl stanoven u varianty 25,2 mg Hg.kg⁻¹. Nejvyšší obsah škrobu byl stanoven ve variantě s přídatkem 6,4 mg Hg.kg⁻¹ půdy. Obsah škrobu u jednotlivých variant v závislost na stupňovaných dávkách rtuti do půdy klesal dle dosažených výsledků v pořadí: 6,4 mg Hg.kg⁻¹ (73,03 % v celkové sušině), 0,8 mg Hg.kg⁻¹ (70,46 % v celkové sušině), kontrolní varianta (69,83 % v celkové sušině), 12,8 mg Hg.kg⁻¹ (69,08 % v celkové sušině) a varianta s 25,2 mg Hg.kg⁻¹ (59,99 % v celkové sušině).

V kontrolní variantě bylo naměřeno 69,83 % škrobu v celkové sušině. Varianta s přídatkem 0,4 mg Cd.kg⁻¹ způsobila snížení obsahu škrobu v sušině o 3,93 % oproti kontrolní variantě. V další variantě pokusu, s přídatkem 1,0 mg Cd.kg⁻¹, se průměrný obsah škrobu v celkové sušině snížil na hodnotu 66,08 %, což představuje snížení o 5,37 % oproti kontrolní variantě. Ve variantě pokusu, kde bylo přidáno 2,0 mg Cd.kg⁻¹ se průměrný obsah škrobu v celkové sušině snížil, a to na hodnotu 59,50 %. U varianty s přídatkem 4,0 mg Cd.kg⁻¹ došlo ke zvýšení obsahu škrobu v celkové sušině oproti předchozí variantě, ale nebylo dosaženo vyšších hodnot jak u kontrolní varianty.

6.2.2 Odrůda KRYSTALA

Průměrný obsah škrobu v celkové sušině z hlíz brambor získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohouvé části v tabulce (tab. P. VI.). Pro přehlednost jsou výsledky znázorněny také v grafu (graf P. VI.).

V celkové sušině se množství škrobu v bramborových hlízách pohybovalo v rozmezí 61,57 % až 71,19 %. Nejnižší množství škrobu bylo stanoveno u varianty s 25,2 mg Hg.kg⁻¹ půdy (61,57 % v celkové sušině). Nejvyšší množství škrobu bylo naměře-

no u kontrolní varianty, kde obsah škrobu byl 71,19 % v celkové sušině. V případě jednotlivých variant podle naměřených hodnot v závislosti na stupňovaných dávkách rtuti do půdy klesá množství škrobu, které se projevilo následovně: kontrolní varianta (71,19 % v celkové sušině), 6,4 mg Hg.kg⁻¹ (69,82 % v celkové sušině), 12,8 mg Hg.kg⁻¹ (67,79 % v celkové sušině), 0,8 mg Hg.kg⁻¹ (64,77 % v celkové sušině) a varianta s přidavkem 25,2 mg Hg.kg⁻¹ (61,57 % v celkové sušině).

V případě kontrolní varianty byla získaná hodnota škrobu 71,19 % v celkové sušině. U varianty s přidavkem 0,4 mg Cd.kg⁻¹ došlo k poklesu množství škrobu v celkové sušině na hodnotu 70,87 %. Průměrný obsah škrobu v celkové sušině se zvýšil u varianty s přidavkem 1,0 mg Cd.kg⁻¹ na hodnotu 77,78 %. Hodnota 76,71 % škrobu v celkové sušině byla získána u varianty 2,0 mg Cd.kg⁻¹. U varianty s přidavkem 4,0 mg Cd.kg⁻¹ bylo naměřeno 77,76 % škrobu v celkové sušině, kde došlo k nárůstu obsahu škrobu v porovnání s kontrolní variantou.

6.3 Obsah rtuti a kadmia

6.3.1 Odrůda KORUNA

Průměrný obsah rtuti a kadmia v dužnině brambor získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohové části v tabulce (tab. P.VII.) a (tab. P.VIII.). Pro přehlednost jsou výsledky znázorněny také v grafu (graf P. VII.) a (graf P. VIII.).

Se vzrůstajícím množstvím Hg v půdě vzrůstal i obsah rtuti v dužnině brambor. V kontrolní variantě bylo naměřeno 0,001 mg Hg.kg⁻¹ čerstvé hmoty, u varianty 0,8 mg Hg.kg⁻¹ byla koncentrace 0,003 mg Hg.kg⁻¹ čerstvé hmoty. Ve variantě 6,4 mg Hg.kg⁻¹ nárůst činil sedmnásobek obsahu rtuti ve srovnání s kontrolou. U varianty s obsahem rtuti 12,8 mg Hg.kg⁻¹ (0,030 mg Hg.kg⁻¹ čerstvé hmoty) vzrostlo množství Hg 30x oproti kontrolní variantě. V poslední variantě (25,2 mg Hg.kg⁻¹) bylo naměřeno 0,169 mg Hg.kg⁻¹ čerstvé hmoty (vzrostlo množství rtuti 169x vůči kontrolní variantě).

Vzájemným srovnáním variant s koncentracemi 0,4, 1,0, 2,0 a 4,0 mg Cd.kg⁻¹ půdy (0,001 mg Cg.kg⁻¹) a kontrolní variantou (0,001 mg Cg.kg⁻¹), jsem zjistila že nedošlo k žádnému nárůstu Hg v rostlinách.

V kontrolní variantě bylo naměřeno 0,018 mg Hg.kg⁻¹ v čerstvé hmotě. V další variantě, kde byl přídatek 0,8 mg, Hg.kg⁻¹ do půdy se množství Cd v hlízách snížilo na 0,017 mg Cd.kg⁻¹ v čerstvé hmotě. U variant s přídatkem 6,4 a 12,8 mg Hg.kg⁻¹ půdy bylo naměřeno 0,018 mg Cd.kg⁻¹, což odpovídá stejné hodnotě jako u kontrolní varianty. U varianty s přídatkem 25,2 mg Hg.kg⁻¹ půdy se množství Cd v hlízách snížilo na 0,017 mg Cd.kg⁻¹.

Se vzrůstajícím množstvím kadmia v půdě vzrůstal i obsah kadmia v dužnině brambor. V kontrolní variantě, kde nebylo použito přídatku kadmia do půdy, bylo naměřeno 0,018 mg Cd.kg⁻¹ v čerstvé hmotě. Ve variantě, kde byl přídatek 0,4 mg Cd.kg⁻¹ do půdy se množství kadmia v hlízách zvýšilo na 0,034 mg Cd.kg⁻¹ v čerstvé hmotě, nárůst činil téměř dvojnásobek obsahu kadmia oproti kontrolní variantě. Varianta s přídatkem 1,0 mg Cd.kg⁻¹ v půdě obsahovala 0,063 mg Cd.kg⁻¹ čerstvé hmoty vzrostl obsah kadmia 3,5x vůči kontrolní variantě. U varianty s hladinou 2,0 mg Cd.kg⁻¹ v půdě bylo v dužnině brambor téměř 5x více kadmia než u kontrolní varianty. U varianty se nejvyšším přídatkem kadmia do půdy (4,0 mg Cd.kg⁻¹) byl obsah kadmia 0,124 mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty, tudíž vzrostlo množství kadmia téměř 7x oproti kontrolní variantě.

6.3.2 Odrůda KRYSTALA

Průměrný obsah rtuti a kadmia v dužnině brambor získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohové části v tabulce (tab. P. IX.) a (tab. P. X.). Pro přehlednost jsou výsledky znázorněny také v grafu (graf P. IX.) a (graf P. X.).

Stupňované dávky rtuti ovlivnily obsah rtuti v dužnině brambor. U varianty s hladinou 0,8 mg Hg.kg⁻¹ půdy bylo v dužnině brambor 4x více rtuti než u kontrolní varianty, tedy 0,004 mg Hg.kg⁻¹ (nárůst z 0,001 na 0,004 mg Hg.kg⁻¹ čerstvé hmoty). U varianty 6,4 mg Hg.kg⁻¹ v půdě byl zjištěn nárůst obsahu rtuti v dužnině brambor a to 10x vůči kontrolní variantě. Varianta s 12,8 mg Hg.kg⁻¹ v půdě vzrostl obsah tohoto prvku oproti kontrolní variantě až 24x. Varianta s nejvyšší kontaminací 25,2 mg Hg.kg⁻¹ půdy obsahovala 0,115 mg Hg.kg⁻¹ čerstvé hmoty bylo naměřeno 115x více obsahu rtuti v porovnání s kontrolní variantou.

Srovnáním variant s koncentracemi 0,4, 1,0, 2,0 a 4,0 mg Cd.kg⁻¹ půdy (0,001 mg Cd.kg⁻¹) a kontrolní variantou (0,001 mg Cd.kg⁻¹), jsem došla k výsledku, že nedošlo k žádnému nárůstu obsahu rtuti v dužnině brambor.

U kontrolní varianty bylo obsaženo $0,014 \text{ mg.kg}^{-1}$ kadmia v čerstvé hmotě. Přídáním $0,8$ a $6,4 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ půdy se obsah kadmia v čerstvé hmotě v obou případech nepatrně zvýšil na $0,015 \text{ mg.kg}^{-1}$. Varianta s přídavkem $12,8 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ půdy vykazovala nejvyšší hodnoty kadmia v čerstvé hmotě, zde bylo dosaženo hodnoty $0,016 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$. Varianta s nejvyšším přídavkem rtuti do půdy ($25,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) vykazovala stejné hodnoty kadmia v čerstvé hmotě ($0,014 \text{ mg.kg}^{-1}$) jako kontrolní varianta. Průměrný obsah kadmia v dužnině brambor u všech variant činil $0,0148 \text{ mg.kg}^{-1}$.

U varianty s hladinou $0,4 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ v půdě obsahovala dužnina brambor $0,036 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty, což je v porovnání s kontrolní variantou ($0,014 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$) nárůst téměř $2,5x$. Varianta s kontaminací $1,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ půdy obsahovala $0,049 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty nárůst kadmia v půdě byl $3,5x$ vyšší než u kontrolní varianty. U varianty s obsahem $2,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ v půdě bylo naměřeno $5,6x$ více obsahu kadmia při porovnání s kontrolní variantou. Ve variantě, kde byl přídavek kadmia v půdě nejvyšší ($4,0 \text{ mg.kg}^{-1}$), byl obsah kadmia v dužnině brambor $0,097 \text{ mg.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty srovnáním s kontrolní variantou byl nárůst kadmia v čerstvé hmotě sedminásobný.

7 DISKUZE

Brambory patří mezi významné plodiny, a to nejen z pohledu lidské výživy, ale i krmivářství [85]. V poslední době se zvyšuje jejich význam jako suroviny při průmyslovém zpracování, nejen na výrobu škrobu a jeho derivátů, ale také jako suroviny při průmyslovém zpracování na potravinářské výrobky a polotovary [1]. Dle údajů FAO je druh *Solanum tuberosum*, se svojí roční úrodou kolem 320 miliónů tun na čtvrté příčce celosvětově významných plodin, hned za pšenicí, rýží a kukuřicí [85].

Pěstování brambor patří k nejsložitějším úsekům zemědělské výroby i potravinářského zpracování. Jde především o organizační pestrost, složitost, a dále značnou citlivost brambor na agrochemické zásahy, mechanické poškození a velký výskyt chorob [1].

Chemické složení brambor je výsledkem řady faktorů, závisí na genotypu, stanovišti, klimatických podmínkách, podmínkách skladování a fyziologickém stavu hlíz [30].

Výživová hodnota brambor je dána jejich látkovým složením a kvalitou. U konzumních brambor se vykytuje komplex sloučenin důležitých pro lidskou výživu.

Brambory plní ve výživě člověka tři funkce:

- 1) objemovou – objem stravy dostatečně zatěžující trávicí soustavu,
- 2) sytící – poskytuje dostatek energie,
- 3) ochrannou - vhodný obsah vitamínů, minerálních látek a dalších pozitivně působících bioaktivních látek [4].

Cizorodé látky patří mezi biogenní prvky, které se mohou hromadit v rostlinách často ve značných množstvích. Cizorodé látky ovlivňují metabolismus rostlin velmi negativně, stejně jako řadu fyziologických a biochemických procesů. Jejich přítomnost vyvolává metabolické strukturální a anatomické změny a může vést až k zániku rostliny.

Z hlediska pohybu těžkých kovů v potravinách je důležité sledovat vazbu mezi nutričními hodnotami a kritérii zdravotní nezávadnosti. Silné fytotoxické účinky má zejména kadmium a rtuť. Již při nízkých koncentracích působí kovy inhibičně na ATP-azovou aktivitu plazmatické membrány [52]. Mezi závažné problémy patří akumulování těžkých kovů v půdě, odkud může následovně docházet k dalšímu přenosu těchto látek do potravního řetězce.

Jedním z prvků, jehož zvýšená a nežádoucí akumulace v současné době zaznamenávána v půdě i rostlinách je kadmium. K nejdůležitějším náleží koncentrace iontů kadmia v prostředí a jeho forma, pH, interakce s dalšími prvky, obsah organických a jiných komplexotvorných látek, teplota. Příjem kovů rostlinami může být ovlivněn prostřednictvím interakcí s některými mikroelementy. Atmosféra je nejdůležitější transportní cestou v geochemickém koloběhu [86]. V nekontaminovaném prostředí obsah kadmia nepřesahuje 0,3 mg v 1 kg. Kadmium se do půdy dostává zvětráním hornin, snadno přechází do roztoku, kde se vyskytuje jako Cd^{2+} [87]. Kadmium je vysoce toxické pro rostliny i živočichy, v organismech nezastává žádnou funkci [88].

Rtuť a její sloučeniny jsou vysoce toxické pro člověka, ekosystémy i volně žijící zvířata. Příjem rtuti rostlinou je ovlivněn také dalšími faktory, mezi které patří: pH sedimentu, šířka humusové vrstvy a aktivita mikroorganismů. Rostliny přijímají rtuť přímou cestou, nejčastěji přes kořenový systém, ve kterém ji také nejvíce akumulují [89]. Schopnost některých rostlin vázat velká množství Hg^{2+} , se prakticky využívá k odstraňování těžkých kovů ze životního prostředí. U rostlin působí expozice rtutí redukcí fotosyntézy v důsledku snížené syntézy chlorofylu, sníženého dýchání a příjmu vody. Anorganické formy rtuti ovlivňují buněčnou membránu rostlin, sloučeniny methylrtuti ovlivňují především metabolismus organel v cytoplasmě [89]. Vlivem půdních organismů dochází k metylaci rtuti. Methylovaná rtuť je potom rostlinami snadno absorbována [90]. Také ostatní formy rtuti jsou rostlinami snadno přijatelné, a to zejména na půdách s nízkou hodnotou pH [91].

Ve své diplomové práci jsem se zabývala vlivem půdních cizorodých prvků na obsah škrobu v bramborových hlízách. Problematiku jsem řešila formou nádobového pokusu se stupňovanými dávkami rtuti a kadmia v půdě. Jako indikační plodiny byly použity velmi rané brambory odrůdy KORUNA A KRYSTALA, které byly sklizeny v konzumní zralosti. Pozornost je zaměřena především na rtuť a kadmium. Dále je zde popsána obecná charakteristika bramborových hlíz a jejich chemické složení. Praktická část této práce zahrnuje sledování vlivu stupňovaných dávek rtuti a kadmia do půdy na příjem rtuti a kadmia rostlinou brambor. Posuzuje vliv rtuti a kadmia na obsah základních jakostních ukazatelů a obsah rtuti a kadmia v hlízách brambor.

Stupňované dávky rtuti a kadmia u obou odrůd v mém pokusu měly vliv na změnu obsahu sušiny bramborových hlíz. Se zvyšující se dávkou rtuti a kadmia v půdě docházelo ke snižování obsahu sušiny v bramborových hlízách vůči kontrolní variantě.

Obsah sušiny však závisí především na odrůdě a délce vegetační doby [92]. Obsah sušiny ovlivňuje kvalitu a rentabilitu zpracování, proto je této hodnotě přiřkládán zvláštní význam [93].

Cílem diplomové práce bylo stanovit obsah škrobu v hlízách a zjistit zda změna obsahu škrobu neovlivnila obsah sušiny v bramborových hlízách. V mém pokusu měla rtuť i kadmium stejný efekt na obsah škrobu jako u sušiny. Se zvyšujícím se obsahem kadmia a rtuti v půdě se snižoval obsah škrobu v hlízách. Škrob není pro velmi rané brambory tak důležitým nutričním ukazatelem jako pro brambory určené pro potravinářské nebo další průmyslové zpracování [94].

Vliv kadmia na obsah škrobu a sacharidů v rýži, studoval Verma (2001) avšak žádné změny v obsahu škrobu při jeho pokusech nebyly zaznamenány.

Při výzkumu vlivu rostlinných živin na chemické složení bramborových hlíz je brán jako jeden z hlavních faktorů obsah škrobu, který dále rozhoduje o potravinářském i jiném technologickém využití brambor [3].

Průměrný obsah škrobu u varianty s přidavkem rtuti v dužnině hlíz brambor byl stanoven u odrůdy KORUNA na 12,41 % a sušiny 18,08 %, u varianty s přidavkem kadmia byl naměřen průměrný obsah škrobu 12,87 % a sušiny 19,55 %. Odrůda KRYSTALA měla u varianty s přidavkem rtuti průměrný obsah škrobu 13,82 % a sušiny 20,36 %, u varianty s přidavkem kadmia byl naměřen průměrný obsah škrobu 15,20 % a sušiny 19,55 %.

Jak uvádí Kroner (1971), hlízy obsahují v průměru 17,50 % škrobu a 23,70 % sušiny.

Při hnojení minerálním hnojivem obsahovaly brambory nižší množství sušiny, než brambory hnojené organicky. Nejistili však rozdíl mezi obsahem škrobu v bramborech pěstovaných na půdách s minerálním a organickým hnojivem [96].

Na základě získaných výsledků měla odrůda KORUNA obsah škrobu v celkové sušině nepatrně rostoucí tendenci ve srovnání s kontrolní variantou, pouze u varianty s nejvyšším přidavkem rtuti do půdy byla hodnota výrazně nižší než u kontrolní varianty a

ostatních variant. Se stupňovaným přídatkem kadmia v půdě se postupně obsah škrobu v celkové sušině snižoval s výjimkou přídatku $4,0 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ půdy, kde došlo k nárůstu obsahu škrobu, přesto však hodnota nedosáhla hodnoty kontrolní.

Při sledování u odrůdy KRYTSALA jsem zjistila, že obsah škrobu v celkové sušině byl nejvyšší v kontrolní variantě a s přibývajícím dávkami rtuti do půdy klesal. U varianty s přídatkem $6,4 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ se nepatrně zvýšil, ale hodnota nedosáhla kontrolní varianty. U stupňovaných dávek kadmia v půdě, se postupně zvyšoval obsah škrobu v celkové sušině s výjimkou dávky $0,4 \text{ mg Cd.kg}^{-1}$ půdy. Tato dávka vykazovala nižší obsah škrobu v celkové sušině než u kontrolní varianty.

Lahký (1990) zjistil, že půdní a klimatické podmínky jsou významnými ukazateli obsahu škrobu. Významný vliv mají na vlastnosti škrobu v hlízách brambor především rozdíly v jednotlivých kultivarech brambor [98]. Bylo zjištěno, na základě měření Westermana (1994), že dusík a fosfor redukuje množství škrobu a sušiny v hlízách brambor. Ve své práci Nogueira (1992) popisuje, že při aplikaci draslíku do půdy byl zaznamenán nárůst škrobu a karotenu v bramborech.

I když brambory řadíme mezi rostliny odolné vůči cizorodým látkám, jejich pěstování na kontaminovaných půdách může přinášet rizika zvýšeného obsahu cizorodých látek v rostlinách. Stejně tak se může měnit chemické složení brambor. Proto je třeba hledat cesty, jak tyto prvky v půdě imobilizovat a omezit tak jejich příjem a ukládání v hospodářsky významných orgánech.

Cestu k imobilizaci cizorodých prvků v pravidelném hnojení chlévským hnojem a úpravě půdní reakce adekvátním vápněním vidí Adamec (1991) a Suna (2004).

Smith (1994) a Suna (2004) podobně upozorňují na význam vápnění při snižování přístupnosti cizorodých prvků pro rostlin. Sparrow (1994) zjistil, že brambory, které byly hnojené chloridem draselným mají o 20 - 30 % vyšší obsah kadmia než brambory které byly hnojeny jinými než chloridovými formami draselných hnojiv. Dále zjistil, že aplikací hnojiv síranové formy se snižuje příjem kadmia. He a Singh, (1994) uvádějí, že rostlina kadmium přijímá převážně jako kationt Cd^{2+} , a to buď z půdy nebo z atmosféry. Příjem z půdy převládá až při vysokém obsahu Cd v půdě a při kyselém pH. Pohyb Cd z kořenů do nadzemních částí je omezený. Lze ho snížit fosforečnou výživou, kde se předpokládá interakce Cd s P a vápněním.

Kontaminované půdy je možno čistit i biologicky, pomocí rostlin, které mají schopnost kumulovat ve značném množství cizorodé prvky [106].

K odstraňování těžkých kovů z půdy je možno použít plevelné rostliny, které vzhledem k jejímu rychlému růstu a velké hustotě rostlin na ploše, dokážou efektivně odstraňovat tyto nežádoucí látky z půdy [107].

V mé diplomové práci měly stupňované dávky rtuti v půdě za následek zvyšující se obsah rtuti v hlízách. Dle vyhlášky ministerstva zdravotnictví 305/2004Sb., je nejvyšší přípustné množství rtuti v hlíze brambor $0,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ [108]. Tato hodnota byla překročena v dužnině hlíz u odrůdy KORUNA s přidavkem rtuti do půdy $12,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ o $0,01 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty a u varianty s nejvyšším přidavkem rtuti do půdy ($25,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) o $0,149 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. U odrůdy KRYSTALA došlo také k překročení přípustného množství rtuti v hlízách. K překročení došlo s přidavkem rtuti do půdy $12,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ o $0,004 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty, a u varianty s nejvyšším přidavkem rtuti do půdy ($25,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) o $0,095 \text{ mg Hg.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Na základě získaných výsledků bylo zjištěno u obou odrůd, že obsah rtuti v hlíze brambor u přidavku kadmia byl stejný jak u kontrolní varianty. Můžeme tedy říci, že obsah rtuti v půdě neměl výrazný vliv na obsah kadmia v bramborové hlíze.

V mém pokusu se u obou odrůd brambor zvyšovalo i množství kadmia v závislosti na jejich stupňovaných dávkách v půdě. Tato vlastnost je u rostlin v případě těžkých kovů typická, což potvrzuje řada prací publikovaných u nás i ve světě, uvádí tak např. Antosiewicz (1993).

Podle mých výsledků se obsah kadmia v hlíze brambor s různými přidavky rtuti do půdy výrazně neměnil v porovnání s kontrolní variantou. Obsah rtuti měl tedy minimální vliv na obsah kadmia v hlíze brambor.

Průměrný obsah v bramborových hlízách rtuti činí $0,006 \text{ mg.kg}^{-1}$, olova $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$, kadmia $0,035 \text{ mg.kg}^{-1}$ a arsenu $0,007 \text{ mg.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty [64]. Intenzita příjmu rtuti rostlinou nezávisí jen na jejím obsahu v půdě, ale důležitá je také její chemická forma [78].

Bokyouang (1994) uvádí, že při loupání brambor se snižuje obsah kadmia o 40 % a většina cizorodých prvků až o 50 %. V případě vaření či smažení se obsah toxických látek

snižuje o 30 – 40 %. Žádnou hrozbu pro zdraví člověka nepředstavuje přirozený obsah cizorodých prvků v hlízách pokud jsou oloupany a kuchyňsky připraveny.

Tkadlecová (2003) uvádí, že vliv půdní reakce nebyl statisticky potvrzen na přijatelnost rtuti hlízami. Dále také potvrdila, že se vzrůstajícím množstvím rtuti v půdě vzrůstá obsah Hg v dužnině a slupce hlíz a v jejich nati, v níž se ukládalo nejvyšší množství Hg. Při srovnání přijatelnosti rtuti slupkou a dužninou zjistila, že kumulace Hg ve slupce je 2,7x vyšší než v dužnině brambor.

Na základě zjištění Christiansena (1989) vyplývá, že průměrný obsah kadmia v rostlinách je 0,03 – 0,5 mg.kg⁻¹ sušiny. Nejmenší obsah kadmia obsahuje plodová zelenina a jahody, kdežto v listové zelenině jako je špenát a salát se kadmium akumuluje nejvíce.

Rop a Kramářová (2007) zjistili, že většina rostlin je tolerantní vůči kadmiu a nevaří jim v půdě ani koncentrace nad 50 mg.kg⁻¹. Dále uvádí, že existují i plodiny citlivé, které reagují negativně už na množství 4 - 13 mg.kg⁻¹ jedná se zejména o tabák, sóju a špenát.

Symptomy toxicity kadmia, které se projevují poškozením kořenů, omezeným růstem rostlin a červenohnědým zbarvením listů, přecházející v chlorózu [113]. Podle Cibulky (1991), je možné snížit příjem kadmia rostlinami přídatkem zinku.

Při vysokém obsahu cizorodých látek v prostředí dochází u brambor k jejich intenzivní kumulaci v jednotlivých orgánech. Queirolo et al. (2000) a Zrůst et al. (1999) poukázali na skutečnost, že tyto látky se hromadí převážně v nadzemních částech rostlin brambor. Nejméně se ukládají v bramborových hlízách, tedy v části, která je určena ke konzumaci.

Smith (1994) a Kaerblane (1997) uvádí, že prakticky všechny cizorodé prvky se prakticky akumuluji v hlízách brambor, nejvíce ve slupce. Dudka et al., (1996) uvádí, že ve slupkách je obsaženo 2x více Ni, Cd, Zn.

Brambory dle relativní akumulace těžkých kovů v částech které jsou určené konzumaci patří mezi rostliny se středním příjmem. Všeobecně platí, že v malých hlízách se vyskytuje nejvyšší koncentrace cizorodých látek [115].

Jak uvádí autoři Kabata – Pendias a Pendias (1984) platí, že čím je hlíza větší, tím více koncentrace těchto látek klesá.

Schopnost akumulace těžkých kovů (Hg, Cd, Pb) zkoumali Kralovec a Slavík (1997), dospěli ke zjištění, že kumulace těchto prvků v jednotlivých částech rostlin klesá, největší koncentrace těžkých kovů se nachází v kořenech, a poté dále sestupně v listech, podzemních zásobních orgánech a plodech.

Některé rostliny mohou mnohem snadněji přijímat rtuť než jiné například ty které jsou rovněž pěstovány na stejném stanovišti. Tuto schopnost vykazují například lišejníky, mrkev, salát a houby [118].

Na vztah Hg a Se poukazují Shanker et al. (1996), kdy vzniká nerozpustný komplex Se-Hg na půdách z vyšším obsahem selenu. Ten snižuje přístupnost obou toxických prvků pro rostliny.

Při vyhodnocování růstu rostlin, které prováděl Karam (1998), byl výnos hlíz a koncentraci Sn, As, Cu, Zn, Ni, Pb, Mn, Cd, Fe ve výhoncích a hlízách brambor vypěstovaných na půdě s přidavkem kompostu z veřejných skládek. Měřením zjistil zvýšený obsah všech kovů v substrátu a také u výhonků a hlíz prokázal, že toto množství kovů obsažené v hlízách brambor nepřesahuje hodnoty, které by mohly být zdraví škodlivé.

Pro snížení znečištění kontaminovaných ploch cizorodými látkami je doporučováno:

- Úprava půdní reakce vápněním (pH půdy nad 6,5)
- Omezení používání kyselých hnojiv
- Aplikace organických hnojiv
- Biologické čištění rostlinami schopnými kumulovat dané cizorodé prvky v procesech zvaných fyto-remediace (technologie využívající zelené rostliny k fixaci, akumulaci a rozkladu nebezpečných kontaminantů, tj. k jejich odstranění ze životního prostředí),
- Výsadba rostlin, které jsou schopné v sobě akumulovat vysoká množství cizorodých látek, ale nejsou určeny ke konzumaci
- Eliminace zdrojů znečištění (škodlivé produkty z průmyslu či emise z dopravy)
- Použití některých druhů mikroorganismů schopných sorbovat a kumulovat těžké kovy k čištění odpadních kalů, používaných k hnojení zemědělských půd
- Využití chelatačních činidel způsobujících tvorbu komplexů, které zabraňují sorpci kovů na složky půdy

- Vyplavování cizorodých látek mimo kořenovou soustavu

Pro sledování případného znečištění můžeme využít biologický materiál jako bioindikátory, především se jedná o některé druhy hub, lišejníků, mechorostů, bylin, stromů či keřů [64].

8 ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo zpracovat v literární části poznatky o bramborové hlíze, a také o působení rtuti a kadmia na organismy, životní prostředí a rostliny. Byl založen vegetační nádobový pokus, ke kterému byla zvolena jako indikační plodina velmi rané odrůdy brambor KORUNA a KRYSTALA a byl sledován vliv stupňujících se dávek rtuti a kadmia v půdě na vybrané jakostní ukazatele brambor. U hlíz brambor byla sledována tato kritéria: obsah sušiny, obsah škrobu v čerstvé hmotě, obsah škrobu v celkové sušině, obsah rtuti a kadmia v hlízách brambor.

Stupňované dávky rtuti měly následující vliv na jakost bramborových hlíz:

1. Stupňované dávky rtuti snižovaly obsah sušiny a škrobu v bramborových hlízách u odrůd KORUNA a KRYSTALA.
2. Stupňované dávky rtuti u odrůdy KORUNA se projeví zvýšením obsahu škrobu v celkové sušině u variant 0,8 mg Hg.kg⁻¹ a 6,4 mg Hg.kg⁻¹ půdy. U variant 12,8 mg Hg.kg⁻¹ a 25,2 mg Hg.kg⁻¹ došlo k poklesu obsahu škrobu v celkové sušině. Nejvyšší obsah škrobu v celkové sušině (73,03 %) se nacházel ve variantě s přídatkem 6,4 mg Hg.kg⁻¹ půdy a nejnižší obsah škrobu v celkové sušině (59,99 %) se nacházel ve variantě s přídatkem 25,2 mg Hg.kg⁻¹.

U odrůdy KRYSTALA došlo ke snížení obsahu škrobu v celkové sušině u variant 0,8 mg Hg.kg⁻¹ a 25,2 mg Hg.kg⁻¹, ke zvýšení obsahu škrobu v celkové sušině došlo u variant s přídatkem 6,4 mg Hg.kg⁻¹ a 12,8 mg Hg.kg⁻¹, ale zvýšení nedosáhlo hodnot kontrolní varianty (71,19 %). Nejnižší průměrný obsah škrobu v celkové sušině byl u varianty 25,2 mg Hg.kg⁻¹ půdy (61,57 %) a nejvyšší průměrný obsah byl u kontrolní varianty.

3. Se vzrůstajícím množstvím Hg v půdě vzrůstal i obsah rtuti v bramborových hlízách. V kontrolní variantě byl průměrný obsah 0,001 mg Hg.kg⁻¹ čerstvé hmoty. Průměrný obsah u odrůdy KORUNA dále stoupal ve srovnání s kontrolní variantou, a to u varianty 0,8 mg Hg.kg⁻¹ půdy 3x, u varianty 6,4 mg Hg.kg⁻¹ půdy 17x, u varianty s přídatkem Hg do půdy 12,8 mg.kg⁻¹ 30x. Ve variantě 25,2 mg Hg.kg⁻¹, což odpovídá nejvyšší koncentraci Hg v půdě, bylo zjištěno že, množství rtuti vzrostlo oproti kontrole 169x.

U odrůdy KRYSTALA průměrný obsah stoupal ve srovnání s kontrolní variantou, a to u varianty 0,8 mg Hg.kg⁻¹ půdy 4x, u varianty 6,4 mg Hg.kg⁻¹ půdy 10x, u varianty s přídatkem Hg do půdy 12,8 mg Hg.kg⁻¹ 24x. Ve variantě 25,2 mg Hg.kg⁻¹ s nejvyšší koncentrací Hg v půdě bylo zjištěno, že nárůst rtuti byl oproti kontrole 115x.

Vzrůstající množství kadmia v půdě nezpůsobuje vzrůst či pokles obsahu rtuti v bramborových hlízách u odrůd KORUNA a KRYSTALA.

Stupňované dávky kadmia měly následující vliv na jakost bramborových hlíz:

1. Stupňované dávky kadmia snižovaly obsah sušiny a škrobu v bramborových hlízách u odrůd KORUNA a KRYSTALA.
2. U odrůdy KORUNA byl průměrný obsah sušiny z variant se zvyšující se dávkou kadmia 65,73 %. Nejnižší průměrný obsah škrobu v celkové sušině byl u varianty 2,0 mg Cd.kg⁻¹ půdy (59,50 %) a nejvyšší průměrný obsah byl u kontrolní varianty (69,83 %).

Odrůda KRYSTALA, kde byl průměrný obsah sušiny z variant se zvyšující se dávkou kadmia 74,86 %. Nejvyšší průměrný obsah škrobu 77,78 % v celkové sušině se nacházel ve variantě s přídatkem 1,0 mg Cd.kg⁻¹ půdy, nejnižší průměrný obsah škrobu 70,87 % v celkové sušině se nacházel ve variantě s přídatkem 0,4 mg Cd.kg⁻¹ půdy.

3. Srovnáním variant, u odrůdy KORUNA, 0,8 a 25,2 mg Hg.kg⁻¹ půdy (0,017 mg Cd.kg⁻¹) došlo jen k minimálnímu poklesu množství kadmia v půdě v porovnání s kontrolní variantou (0,018 mg Cd.kg⁻¹).

Se zvyšující se dávkou rtuti v půdě, u odrůdy KRYSTALA, se nepatrně zvyšoval obsah kadmia v hlízách brambor. Varianta s přídatkem 12,8 mg Hg.kg⁻¹ v půdě měla nejvyšší obsah kadmia v hlízách, a to 0,016 mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty, nejnižší obsah kadmia (0,014 mg.kg⁻¹ čerstvé hmoty) byl zjištěn u kontrolní varianty a varianty s přídatkem 25,2 mg Hg.kg⁻¹ půdy.

Se vzrůstajícím množstvím Cd v půdě vzrůstal i obsah rtuti v bramborových hlízách. V kontrolní variantě byl průměrný obsah 0,018 mg Cd.kg⁻¹ čerstvé hmoty.

Průměrný obsah u odrůdy KORUNA, stoupal ve srovnání s kontrolní variantou a to u varianty 0,4 mg Cd.kg⁻¹ půdy 1,8x, u varianty 1,0 mg Cd.kg⁻¹ půdy 3,5x, u varianty s přídávkem Cd do půdy 2,0 mg.kg⁻¹ 4,8x, ve variantě 4,0 mg Cd.kg⁻¹ vzrostlo množství kadmia téměř 7x.

U odrůdy KRYSTALA průměrný obsah stoupal ve srovnání s kontrolní variantou a to u varianty 0,4 mg Cd.kg⁻¹ půdy 2,5x, u varianty 1,0 mg Cd.kg⁻¹ půdy 3,5x, u varianty s přídávkem Cd do půdy 2,0 mg.kg⁻¹ 5,6x. Ve variantě 4,0 mg Cd.kg⁻¹ s nejvyšší koncentrací Cd v půdě bylo zjištěno, že nárůst kadmia byl oproti kontrole téměř 7x.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MINX, L., PFLUG, J., VRZALOVÁ, J.: *Rostlinná výroba II. pro PEF*, 1. vyd., Brno: VŠZ, 1987, 131 s.
- [2] HOBHOUSE, H.: *Šest rostlin, které změnilý svět*, 1. vyd., Praha: Academia, 2004, ISBN 80-200-1179-X, 337 s.
- [3] PELIKÁN, M., HRIVNA, L., HUMPOLA, J.: *Technologie sacharidů*, 1. vyd., Brno: MZLU, 1999, ISBN 80-7157-407-4, 152 s.
- [4] PRUGAR, J., et al.: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*, Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 2008, 327s.
- [5] ULBRICHT, G.: *Hodnota brambor z hlediska fyziologie výživy*, Bramborářství, 2003, roč. 11, s. 9-11.
- [6] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I.: *Technologie potravin rostlinného původu*, 1. vyd., Zlín: UTB, 2006, ISBN 80-7318-372-2, 178 s.
- [7] MÍČA, B.: *Využití brambor a jejich produktů*, 1. vyd., Praha: SZN, 1988,
- [8] VOKÁL, B., et al.: *Pěstujeme brambory*, 1. vyd., Praha: Grada Publishing, 2003, ISBN 80-247-0567-2, 103 s.
- [9] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 650/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakož i další způsoby jejich označování
- [10] JELÍNEK, K., et al.: *Přehled biologie*, 1. vyd., Praha: SPN, 1987, 667 s.
- [11] ANONYM: *Lilek Brambor*, [online] [cit. 2009-12-12], Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Lilek_brambor>
- [12] CHLOUPEK, O., PROCHÁZKOVÁ, B., HRUDOVÁ, E.: *Pěstování a kvalita rostlin*, 1. vyd., Brno: MZLU, 2005, ISBN 80-7157-897-5, 181 s.
- [13] JŮZL, M., et al.: *Rostlinná výroba – III*, 1. vyd., Brno: MZLU, 2000, ISBN 80-7157-446-5, 232 s.

- [14] PAGÁČ, P.: *Krmné okopaniny*, 1. vyd., Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1966, 209 s.
- [15] MAREČEK, F., et al.: *Zahradnický slovník naučný I A – C*, 1. vyd., Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1994, ISBN 80-85120-51-8, 440 s.
- [16] RYBÁČEK, V., et al.: *Brambory*, 1. vyd., Praha: SZN, 1988, 360 s.
- [17] MINX, L., DIVIŠ, J., et al.: *Rostlinná výroba - III (okopaniny)*, 1. vyd., Praha: Agronomická fakulta VŠZ, 1994, ISBN 80-213-0154-6, 148 s.
- [18] ANONYM: *16 Brambory- biologie, růst a vývoj, požadavky na prostředí*, [online] [cit.2009-12-12], Dostupný na WWW:
<http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=5&idkapitola=43#top>
- [19] ANONYM: *Kvetoucí brambory*, [online] [cit.2009-12-12], Dostupný na WWW:
< http://bistkupstwo.rajce.idnes.cz/photos/#kvetouci_brambory.JPG >
- [20] HRUŠKA, L., et al.: *Brambory*, 1. vyd., Praha: SZN, 1974, 416 s.
- [21] ZIMOLKA, J., et al.: *Speciální produkce rostlinná výroba: Rostlinná výroba*, 1. vyd., Brno: MZLU, 2000, ISBN 80-7157-451-1, 245 s.
- [22] KUČHTÍK, F., PROCHÁZKA, I., TEKSL, M., VALEŠ, J.: *Pěstování rostlin II: celostátní učebnice zemědělské školy*, 1. vyd., Třebíč: FEZ, 1995, ISBN 80-901789-1-X 162 s.
- [23] JŮZL, M., et al.: *Rostlinná výroba – III*, 1. vyd., Brno: MZLU, 2000, ISBN 80-7157-446-5, 232 s.
- [24] VODRÁŽKA, Z.: *Biochemie 2*, 1. vyd., Praha: Academia, 1992, ISBN 80-200-0441-6, 136 s.
- [25] MAROUNEK, M., BŘEZINA, P., ŠIMUNEK, J.: *Fyziologie a hygiena výživy*, 1. vyd., Vyškov: VVŠ PV, 2000, ISBN 80-7231-057-7, 68 s.
- [26] KOŠTÍŘ, J.: *Biochemie známá i neznámá*, 1. vyd., Praha: Avicenum, 1980, 384 s.
- [27] HRABĚ, J., KOMÁR, A.: *Technologie zbožížnalství a hygiena potravin: III. část*, 1. vyd., Vyškov: VVŠ PV, 2003, ISBN 80-7231-107-7, 168 s.
- [28] DAVÍDEK, J., HAJŠLOVÁ, J., POKORNÝ, J., VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*, 2. vyd., Praha: VŠCHT, 1991, ISBN 80-7080-097-6, 142 s.

- [29] VOKÁL, B., et al.: *Abeceda pěstitelé*, 1. vyd., Havlíčkův Brod výzkumný ústav bramborářství, 2005, ISBN 80-86940-01-2, 43 s.
- [30] ROP, O.: *Obsah cizorodých prvků v rostlinách velmi raných odrůd brambor*, Diplomová práce, Brno: MZLU, 1999, 77 s.
- [31] LITSCHMANN, T., ROŽNOVSKÝ, J.: *Klimatická změna a zemědělství*, Sborník referátů, Brno: VŠZ, 1994, s. 88-92.
- [32] ŠPALDON, E., et al.: *Rostlinná výroba I*, 1. vyd., Praha: VŠZ, 1982, 115 s.
- [33] HAMOUZ, K., et al.: *Rané brambory*, 1. vyd., Praha: ČZU, 2007, ISBN 978-80-9035-22-9, 52 s.
- [34] PULKRÁBEK, J., ŠVACHULA, V., et al.: *Rostlinná výroba*, 1. vyd., Praha: Sdružení soukromých zemědělců ČR, 1995, 178 s.
- [35] JŮZL, M., ZRŮST, J., HLUŠEK, J.: *Rizikové látky v bramboru a ve výrobcích z hlíz*, 1. vyd., Brno: MZLU, 2008, ISBN 978-80-7375-167-8, 140 s.
- [36] KUTNAR, F.: *Malé dějiny brambor*, 2. vyd., Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský, 2005, ISBN 80-902567-9-1, 216 s.
- [37] ZELENKA, S., ČURDA, K., BOHAČENKO, I.: *Technologie krmiv a škrobu*, 1. vyd., Praha: SNTL, 1975, 263 s.
- [38] ŠÍCHO, V.: *Biochemie*, 1. vyd., Praha: SNTL, 1965, 132 s.
- [39] ČERNÝ, M., TRNKA, T.: *Sacharidy I*, 1. vyd., Praha: SciTeCH, 1995, 69 s.
- [40] VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin I*, 1. vyd., Tábor: OSSIS, 1999, ISBN 80-902391-3-7, 352 s.
- [41] POTÁČEK, M.: *Organická chemie pro biology*, 3. opr. vyd., Brno: MU, 2002, ISBN 80-210-2850-, 208 s.
- [42] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D.: *Potravinářská biochemie I*, 1. vyd., Zlín: UTB, 2005, ISBN 80-7318-295-5, 168 s.
- [43] TREGUBOV, N., STUDNICKÝ, J., ZAJAC, P.: *Technológia škrobu a výrobkov zo škrobu*, 1. vyd., Bratislava: ALFA, 1986, 484 s.

- [44] DUDÁŠ, J., et al.: *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*, 1. vyd., Praha: SZN, 1969, 387 s.
- [45] STANĚK, J.: *Alkaloidy*, 1. vyd., Praha: ČSAV, 1957, 653 s.
- [46] ŠÍCHO, V., VODRÁŽKA, S., KRÁLOVÁ, B.: *Potravinářská biochemie*, 2. vyd., Praha: SNTL, 1981, 360 s.
- [47] ŠKÁRKA, B., FERENČÍK, M.: *Biochémiá*, 2. vyd., Bratislava: Alfa, 1987, 741 s.
- [48] KINDL, H., WOBER, G.: *Biochemie rostlin*, 1. vyd., Praha: Academia, 1981, 392 s.
- [49] INGR, I., et al.: *Zpracování zemědělských produktů*, 1. vyd., Brno: MZLU, 1993, ISBN 80-7157-058-3, 249 s.
- [50] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ J.: *Chemie potravin*, 1. vyd., Praha: SNTL/ALFA 1983, 629 s.
- [51] REMY, H.: *Anorganická chemie II*, 1. vyd., Praha: SNTL, 1962, 806 s.
- [52] BENCKO, V., CIKRT, M., LENER, J.: *Toxické kovy v životním prostředí a pracovním prostředí člověka*, 2. vyd., Praha: Grada Publishing, 1995, ISBN 80-7169-150-X, 282 s.
- [53] ANONYM: *High Fructose Mercury*, [online] [cit.2010-04-04], Dostupný na WWW: < <http://www.momssoapbox.com/high-fructose-mercury/> >
- [54] TICHÝ, M.: *Toxikologie pro chemiky. Toxikologie obecná, speciální, analytická a legislativa*, 2. vyd., Praha: UK, 2004, ISBN 80-246-0566-X, 120 s.
- [55] LAZAREV, N. V.: *Chemické jedy v průmyslu II*, 1. vyd., Praha: STdN, 1959, 470 s.
- [56] CAPIELLO, D.: *EPA: Toxic chemical in freshwater fish widespread*, [online] [cit.2010-03-04], Dostupný na WWW:<<http://www.mnn.com/lifestyle/health-well-being/stories/epa-toxic-chemicals-in-freshwater-fish-widespread>>
- [57] KUPEC, J.: *Toxikologie*, 1. vyd., Brno: VUT, ISBN 80-214-1332-8, 176 s.
- [58] SIRCUS, M.: *Detoxification through the skin*, [online] [cit.2010-03-04], Dostupný na WWW: < <http://www.infraredsauna.com/health/skindetox/mercury.html> >

- [59] 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*, Osnabruck, Kluwer Academic Publishers, 1992, 29 s.
- [60] GOTHBERG, A., GREGER, M., HOLM, K., BENGTSSON, B. E.: *Influence of nutrient levels on uptake and effects of mercury, cadmium and lead in water spinach*, *Journal of Environmental Quality*, 33 (4), 2004, s. 1247 - 1255.
- [61] BALÍK, J., TLUSTOŠ, P., SZÁKOVÁ, J., BLAHNÍK, R.: *The effect of sewage sludge application on the accumulation of mercury in plants*, *Rostlinná výroba*, 44 (6), 1998, s. 267-274.
- [62] LEE, S. Z., CHANG, L., CHEN, C. M., TSAI, Y. I., LIU, M. C.: *Predicting soil-water partition coefficients for Hg from soil properties*, *Water Sciences and Technology*, 43 (2), 2001, s. 187 - 196.
- [63] ROP, O., KUPEC, J.: *The effect of increasing doses of mercury and soil pH on the content of mercury in potatoes*, In: *Book of Abstracts - Mezinárodní vědecká konference „Výživa rostlin v trvale udržitelném zemědělství“*, 4. - 5. 6. 2003 Brno, MZLU, 2003, s. 283 – 285.
- [64] CIBULKA, J., et al.: *Pohyb olova a kadmia a rtuti v biosféře*, 1. vyd., Praha: Academia, 1991, ISBN 80-200-0401-7, 427 s.
- [65] HADAČ, E.: *Ekologické katastrofy*, 1. vyd., Praha: Horizont, 1987, 213 s.
- [66] ZIMOVÁ, M.: *Zdravotní rizika kontaminace půdy toxickými kovy*, [Praha: s. n., 1991], 24 s.
- [67] VACÍK, J., et al.: *Přehled středoškolské chemie*, 4. vyd., Praha: SPN, 1999, ISBN 80-7235-108-7, 365 s.
- [68] ANONYM: *48 Cd Cadmium*, [online] [cit.2010-04-04], Dostupný na WWW: <<http://images-of-elements.com/cadmium.php>>
- [69] FROST, S.: *Gold Peak Cadmium and „Grey babies“*, [online] [cit.2010-04-04], Dostupný na WWW: <<http://www.csr-asia.com/index.php?page=7&cat=11>>

- [70] ANONYM: *ITAI - ITAI disease*, [online] [cit.2009-11-12], Dostupný na WWW: < <http://ic.ucsc.edu/~flegal/etox80e/SpecTopics/itaitaipics.html>>
- [71] ANTALOVÁ, S., KOZÁK, J.: *Kadmium v systéme pôda-rastlina*, [Bratislava: s. n., 1991], 93 s.
- [72] ROP, O.: *Výskyt cizorodých prvků v půdách České republiky a možnost jejich imobilizace*, *Farmář*, 7 (6), 2001, s. 21 - 23.
- [73] UMAR, S., et al.: *Research Findings: II Potassium nutrition reduces cadmium accumulation and oxidative burst in mustard (Brassica campestris L.)*, [online] [cit. 2010-04-04], Dostupný na WWW: < <http://www.ipipotash.org/e-ifc/2008-16/research2.php>>
- [74] RICHTER, R., HLUŠEK, J.: *Výživa a hnojení rostlin*, 1.vyd., Brno: MZLU, 1994, 177 s.
- [75] ROP, O., KRAMÁŘOVÁ, D.: *Kadmium a nikl v životním prostředí*, *Zemědělec*, 15, (10), 2007, s. 39 - 40.
- [76] MARKET, B.: *Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodik systém in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems*, Osnabruck: Kluwer Academic Publisher, 1992, 29 s.
- [77] ADAM, V., et al.: *Analýza cysteinu, glutathionu a fytochelatinu pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie a elektrochemickou detekcí*, *Chemagazín* 13, 2003 (6), s. 8 - 11.
- [78] PATRA, M., SHARMA, A.: *Merkury toxicity in plant*, *Botanical Review* 66 (3), 2000, ISSN 0006-8101, s. 379 - 422.
- [79] MATILAINEN, T., VERTA, M., KORHONEN, H., UUSI-RAUVA, A., NIEMI, M.: *Behavior of mercury in soil profiles: Impact of increased precipitation, acidity, and fertilization on mercury methylation*, *Water Air Soil Pollution* 125 (1 - 4), 2001, ISSN 0049-6979, s. 105 - 119.
- [80] INGWERSEN, J., STRECK, T.: *A regional –scale study on the corp uptake of cadmium from sandy soils*, *Jurnal of Environmental Quality* 34, 2005, s. 1026 – 1035.

- [81] BRUS, D. J., et al.: *Mapping the probability of exceeding critical thresholds for cadmium concentrations in soils in the Netherlands*, *Journal of Environmental Quality* 31, 2002, s. 1875 – 1884.
- [82] RICHTER, R.: *Těžké kovy v půdě*, [online] [cit.2009-11-12], Dostupný na WWW: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_tk.htm>
- [83] HÁLKOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J.: *Analýza potravin: laboratorní cvičení*, 2. vyd., Újezd u Brna: Ivan Straka, 2001, ISBN 80-86494-03-9, 160 s.
- [84] SEVEROVÁ, M., BŘEZINA, P.: *Návody pro laboratorní cvičení z analýzy potravin*, 1.vyd., Vyškov: VVŠ PV, 1998, 44 .s.
- [85] PRUGAR, J.: *Ohlédnutí za „bramborovým“ rokem 2008*, *Výživa a potraviny*, 2009, roč. 64, č. 1, s. 21 – 22.
- [86] MULLIGAN, C. N., et al.: *Surfactant- enhanced remediation of contaminated soil: a review*, *Engineering Geology*, 60 (1 - 4), 2001, s. 371 – 380.
- [87] ALLOWAY, B. J., JACKSON, A. P.: *The behaviour of heavy metals in sewage sludge - amended soils*, *Science of Total Environment*, 100, 1991, s. 151 - 176.
- [88] ABDEL - SABOUR, M. F., MORTVEDT, J. J., KELSOE, J. J.: *Cadmium-Zinc interactions in plants and extractable cadmium and zinc fractions in soil*, *Soil Science*, 145 (6), s. 395 – 468.
- [89] HOUSEROVÁ, P., et al.: *Chemické formy rtuti ve vodních ekosystémech: vlastnosti, úrovně, koloběh a stanovení*, *Chemické listy*, 100, 2006, s. 862 - 876.
- [90] DOPP, E., HARTMANN, L. M., FLOREA, A. M., RETTENMEIER, A. W. – HIRNER, A. V.: *Environmental distribution, analysis, and toxicity of organometal(loid) compounds*, *Critical Reviews in Toxicology*, 34 (3), 2004, s. 301 – 333.
- [91] YU, G. F., et al.: *Bioavailability of humic substance-bound mercury to lettuce and its relationship with soil properties*, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35 (7 – 8), 2004, s. 1123 – 1139.

- [92] KLEINKOPF, G. E., WESTERMANN, D. T., DWELL'S, R. B.: *Dry matter production and nitrogen utilization by six potato kultivare*, Agronomy Journal, 73, 1981, s. 799 – 802.
- [93] ZRŮST, J.: *Faktory ovlivňující obsah nutričně významných a škodlivých látek v hlízách a výrobcích z brambor*, [online] [cit.2010-02-02], Dostupný na WWW: <www.phytopsanitary.org>
- [94] VOS, J.: *A case history: Hundred years of potato production in Europe with special reference to the Netherlands*, American Potato Journal, 1992, roč. 69, č. 11, s. 731 - 751.
- [95] VERMA, S., DUBEY, R. S.: *Effect of kadmium on soluble sugar and enzyme of their metabolism in rice*, Biologia Plantarum, 2001, 44, s. 117 - 123.
- [96] ROINILA, P., et al.: *Effects of different organic fertilization practices and mineral fertilization on potato duality*, Biological Agriculture and Horticulture, 21 (2), 2003, s. 165 - 194.
- [97] LAHKÝ, J.: *The influence of fertilization, site and year on the yield and qualitative parameters of potatoes*, Rostlinná výroba, 1990, roč. 36, č. 8, s. 857 - 864.
- [98] NODA, T., TAKAHATA, Y., SATO, T., IKOMA, H., MOCHIDA, H.: *Physico-chemical properties of starches from purple and orange fleshed sweet potato roots at two levels of fertilizer*, Starch- Starke 48 (11-12), 1996, s. 395 - 399.
- [99] WESTERMANN, D. T., JAMES, D. W., TINDALL, T. A., HURST, R. L.: *Nitrogen and potassium fertilization on potatoes – sugars and starch*, American Potato Journal, 71 (7), 1994, s. 433 – 453.
- [100] NOGUEIRA, F. D., DECARVALHO, V. D., GUIMARAES, P. T. G., DEPAULA, M. B.: *Limiting and potassium fertilization for sweet- potato*, Pesquisa Agropacuaria Brasileira, 27 (8), 1992, s. 1129 - 1139.
- [101] ADAMEC, V.: *Cizorodé látky v půdě a možnosti kompenzace jejich škodlivých účinků*, Úroda, 52 (3), 1991, s. 100 – 101.
- [102] SUN, B., SUN, H., ZHANAD, T. L.: *Bio environmental effects and index of remediation of multi- heavy metals polluted red soils*, Huan Jing Ke Xue, 2004, 25 (2), s. 104 - 108.

- [103] SMITH, S. R.: *Effect of soil- pH on availability to crops of metals in sewage sludge- treated soils. 2. Kadmium uptake by crops and implications for human dietary intake*, Environmental Pollution, 86 (1), 1994, s. 5 - 13.
- [104] SPARROW, L. A., et al.: *Field studie sof kadmium in potatoes (Solanum tuberosum L.). III. Response of cv. Russet Burbank to sources of banded potassium*, Australian Journal of Agricultural Research, 45 (1), 1994, s. 243 - 249.
- [105] HE, Q. B., SINGH, B. R.: *Crop uptake of cadmium from phosphorus fertilizers – yield and cadmium kontent*, Water Air and Soil Pollution, 74 (3 – 4), 1994, s. 251 – 265.
- [106] HASSE, E.: *Pflanzen reinigen Schwermetall - Beden*, Umwelt, 7 (8), 1998, s. 342 - 344.
- [107] QIAN, J. H., ZAYED, A., ZHU, Y. L., YU, M., TERRY, N.: *Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: Uptake and accumulation of ten trace elements by twelve plant species*, Journal of Environmental Duality, 28 (5), 1999, s. 1448 - 1455.
- [108] Vyhláška Ministerstva Zdravotnictví č. 305/2004 Sb., kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách
- [109] ANTOSIEWICZ, D. M.: *Mineral status of dicotyledonous crop plants in relation to their constitutional tolerance to lead*, Environmental and Experimental Botany, 33 (č), 1993, s. 575 - 589.
- [110] BOKYOUANG, K.: *Survey on the natural content of heavy metal in potato and sweet potato and their cultivated soils*, RDA Journal of Agricultural Science, Soil and Fertilizer, 36 (4), 1994, s. 302 - 309.
- [111] TKADLECOVÁ, D.: *Výskyt a přijatelnost rtuti pro rostliny*, 2003, Zlín: UTB, Diplomová práce
- [112] CHRISTIANSEN, T. H.: *Cadmium soil sorption at low concentrations*, Kobenhavn, Technical University Press, 44 (1 - 2), 1989, 125 s.
- [113] HLUŠEK, J.: *Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur*, Praha, Ministerstvo zemědělství ČR, 1996, 47 s.

- [114] QUEIROLO, F., et al.: *Total arsenic, lead, and levels in vegetables cultivated at the Andean villages of northern Chile*, Science of the Total Environment, 255 (1 - 3), 2000, s. 75 - 84.
- [115] KAERBLANE, H., KEVVAI, L., KANGER, J.: *Raskemetallid kartulis: Heavy metals in potatoes*, Journal of Agricultural Science (Estonia), 4, 1997, s. 335 – 342.
- [116] DUDKA, S., PIOTROWSKA, M., TERELAK, H.: *Transfer of cadmium, lead, and zinc from industrially contaminated soil to crop plants: A field study*, Environmental Pollution, 94 (2), 1996, s. 181 – 188.
- [117] ZRŮST, J., HLUŠEK, J., JŮZL, M., PŘICHYSTALOVÁ, V.: *Relationship between some chosen growth characteristics and yield of very early potato varieties*, Rostlinná výroba, 45 (11), 1999, s. 503 - 509.
- [118] KABATA – PENDIAS, A., PENDIAS, H.: *Trace Elements in Soils and Plants*, Boca Raton, CRC Press, 1984, 315 s.
- [119] KRALOVEC, J., SLAVÍK, L.: *Transfer of lead, cadmium and mercury in system- Soil- Plant- Animal*, Rostlinná výroba, 43 (6), 1997, s. 257 – 262.
- [120] SHANKER, K., et al.: *Effect of selenite and selenate on plant uptake and translocation of mercury by tomato (Lycopersicum esculentum)*, Plant and Soil, 183 (2), 1996, s. 233 – 238.
- [121] KARAM, N. S., et al.: *Metal concentrations, growth, and yield of potato produced from in vitro plantlets or microtubers and grown in municipal solid- waste-amended substrates*, Journal of Plant Nutrition, 21 (4), 1998, s. 725 - 739.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

α	alfa
β	beta
γ	gama
μg	mikrogram
μm	mikrometr
aj.	a jiné
AMK	aminokyselina
apod.	a podobně
Atd.	a tak dále
ATP	adenosintrifosfát
CaO	oxid vápenatý
CdCO_3	uhličitan kademnatý
CdO	oxid kademnatý
g	gram
Hg_2O	oxid rtuťný
HgO	oxid rtuťnatý
HgOHCl	Chlorid hydroxid rtuťnatý
CH_3Hg^+	methylertuť
K_2O	oxid draselný
Kcal	kilokalorie
Kg	kilogram
kJ	kilojouly
Lat.	latinsky
m.n.v	Nadmořská výška

Max.	maximálně
MgO	Oxid hořečnatý
mm	milimetr
Na ₂ O	Oxid sodný
N-látky	dusíkaté látky
NPK	hnojivo dusík- fosfor-draslík
P ₂ O ₅	oxid fosforečný
pH	kyselost
PVC	polyvinylchlorid
- SH	thiolová skupina
SiO	Oxid křemnatý
SO ₃ ⁻	sičičitan
Tj.	To je
Tzv.	takzvaně
NO ₃ ⁻	dusičnan
μg.l ⁻¹	mikrogram na litr
mg.g ⁻¹	miligramy na gram
mg.kg ⁻¹	miligramy na kilogram
Cd ₃ (PO ₄) ₂	fosforečnan kademnatý
Hg(OH) ₂	hydroxid rtuťnatý

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: <i>Křídlení stonku: 1) jednoduché, 2) dvojité</i>	14
Obr. 2: <i>List bramboru</i>	15
Obr. 3: <i>Květenství brambor</i>	16
Obr. 4: <i>Podzemní orgány a rostliny vyrostlé z hlízy (A) a semenáče (B)</i>	17
Obr. 5: <i>Řez bramborovou hlízou</i>	18
Obr. 6: <i>α-solanin</i>	22
Obr. 7: <i>Rozložení látek v hlíze brambor</i>	23
Obr. 8: <i>Amylasy</i>	27
Obr. 9: <i>Amylopektin</i>	28
Obr. 10: <i>Bramborový škrob</i>	29
Obr. 11: <i>Kukuřičný škrob</i>	29
Obr. 12: <i>Pšeničný škrob</i>	29
Obr. 13: <i>Rtuť</i>	31
Obr. 14: <i>Toxické účinky rtuti na rybu</i>	32
Obr. 15: <i>Projev otravy rtutí</i>	33
Obr. 16: <i>Kadmium</i>	35
Obr. 17: <i>Dítě, které bylo v průběhu těhotenství vystaveno účinkům kadmia</i>	36
Obr. 18: <i>Onemocnění Itai-Itai</i>	37
Obr. 19: <i>Nekróza u hořčičného listu</i>	38

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: <i>Chemické složení bramborové hlízy</i>	19
Tabulka č. 2: <i>Schéma pokusu – čísla variant a jim odpovídající přídavek rtuti a kadmia do půdy v mg.kg⁻¹ zeminy</i>	42

SEZNAM PŘÍLOH

P I Tab. P. I. Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KORUNA.

Graf. P. I. Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KORUNA

P II Tab. P. II. Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KORUNA

Graf. P. II. Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KORUNA

P III Tab. P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KRYSTALA

Graf. P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KRYSTALA

P IV Tab. P. IV. Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KRYSTALA

Graf. P. IV. Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KRYSTALA

P V Tab. P. V. Obsah škrobu v celkové sušině (v %) odrůdy KORUNA

Graf. P. V. Obsah škrobu v celkové sušině (v %) odrůdy KORUNA

P VI Tab. P. VI. Obsah škrobu v celkové sušině (v %) odrůdy KRYSTALA

Graf. P. VI. Obsah škrobu v celkové sušině (v %) odrůdy KRYSTALA

P VII Tab. P. VII. Průměrný obsah rtuti v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KORUNA

Graf. P. VII. Průměrný obsah rtuti v dužnině brambor v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty u odrůdy KORUNA

P VIII Tab. P. VIII. Průměrný obsah rtuti v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KRYSTALA

Graf. P. VIII. Průměrný obsah rtuti v dužnině brambor v mg. kg⁻¹ čerstvé hmoty u odrůdy KRYSTALA

P IX Tab. P. IX. Průměrný obsah kadmia v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KORUNA

Graf. P. IX. Průměrný obsah kadmia v dužnině brambor v mg. kg⁻¹ čerstvé hmoty u odrůdy KORUNA

P X Tab. P. X. Průměrný obsah kadmia v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KRYSTALA

Graf. P. X. Průměrný obsah kadmia v dužnině brambor v mg. kg⁻¹ čerstvé hmoty u odrůdy KRYSTALA

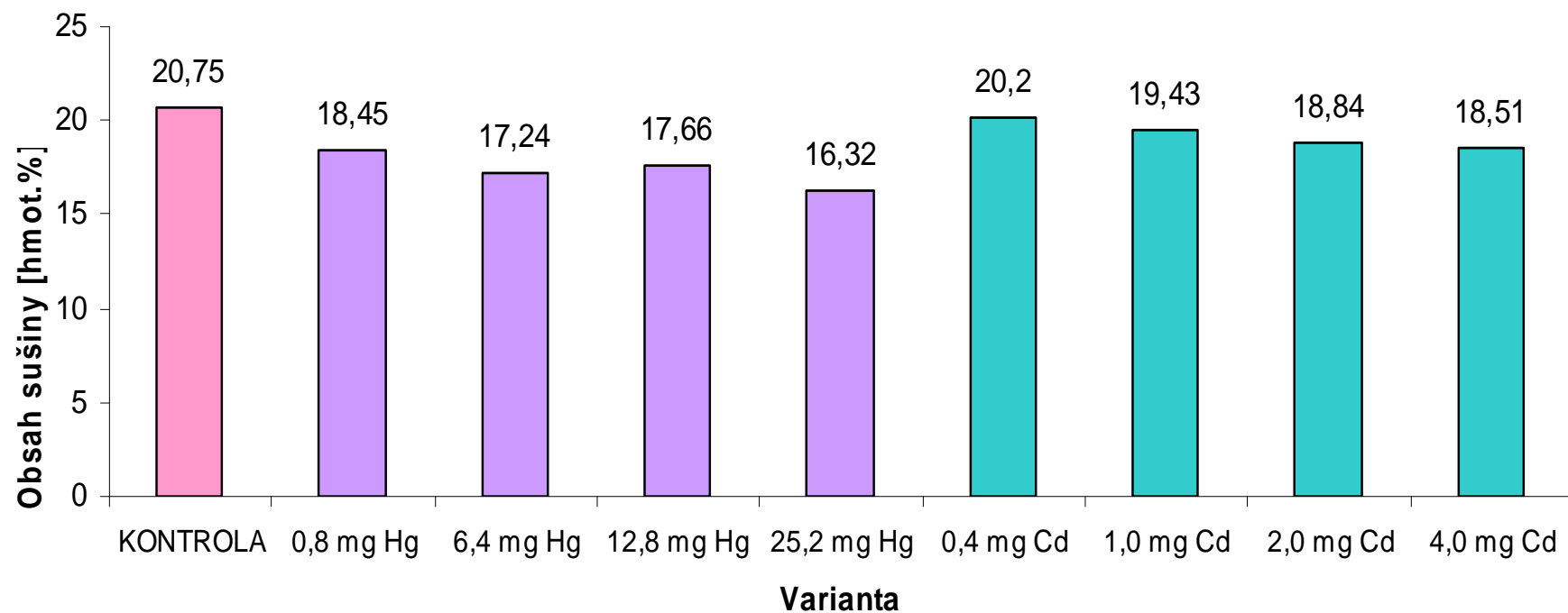
PŘÍLOHA P I

Tab. P. I. Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KORUNA

varianta	Obsah sušiny [hmotnostní %]
KONTROLA	20,75
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	18,45
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	17,24
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	17,66
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	16,32
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	20,20
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	19,43
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	18,84
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	18,51

Graf. P. I. Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KORUNA

Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze odrůdy KORUNA



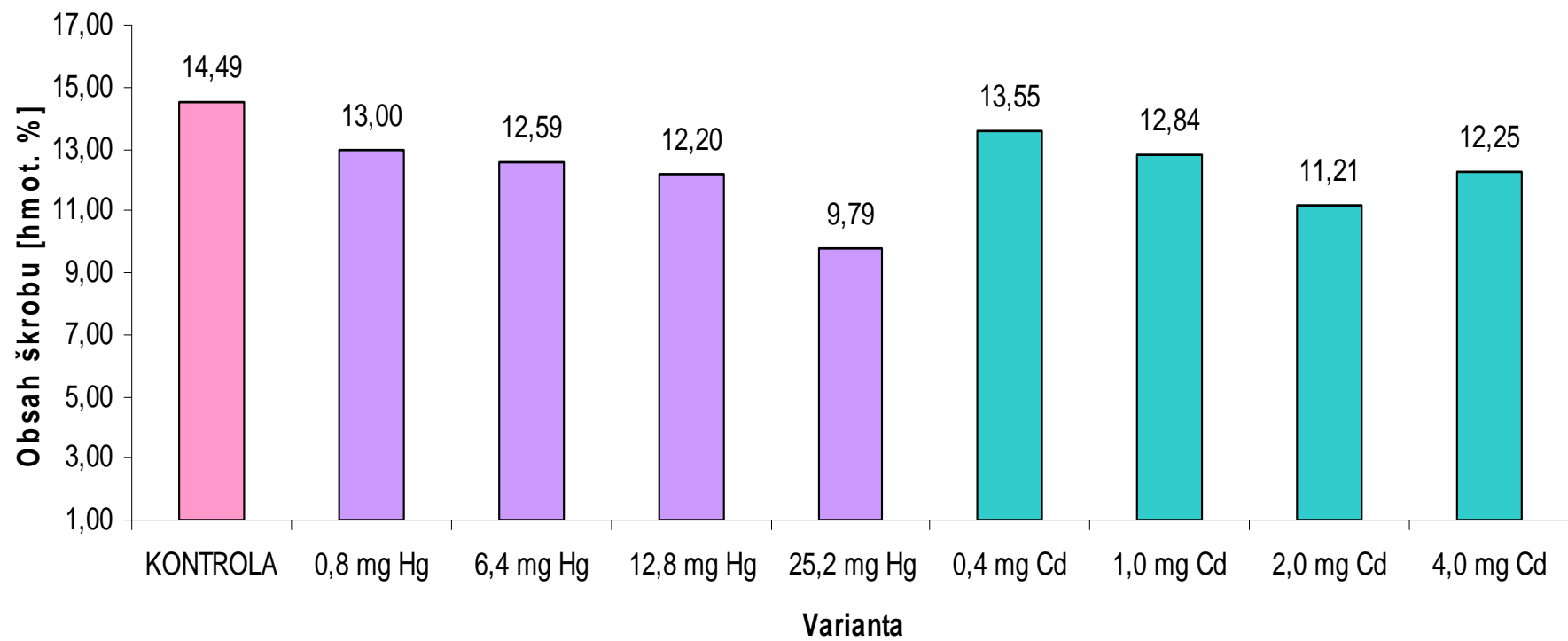
PŘÍLOHA P II

Tab. P. II. Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KORUNA

varianta	Obsah škrobu [hmotnostní %]
KONTROLA	14,49
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	13,00
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	12,59
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	12,20
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	9,79
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	13,55
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	12,84
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	11,21
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	12,25

Graf. P. II. Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KORUNA

Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze odrůdy KORUNA



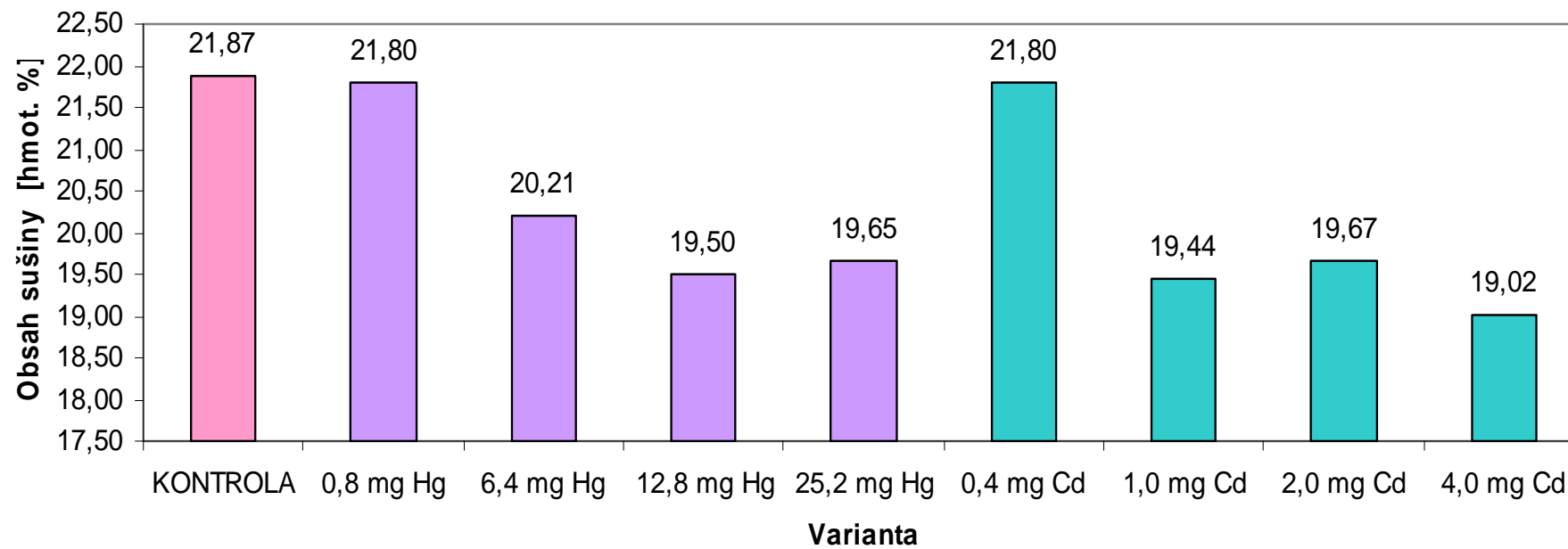
PŘÍLOHA P III

Tab. P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KRYSTALA

varianta	Obsah sušiny [hmotnostní %]
KONTROLA	21,87
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	21,80
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	20,21
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	19,50
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	19,65
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	21,80
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	19,44
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	19,67
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	19,02

Graf. P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KRYSTALA

Průměrný obsah sušiny v bramborové hlíze odrůdy KRYSTALA



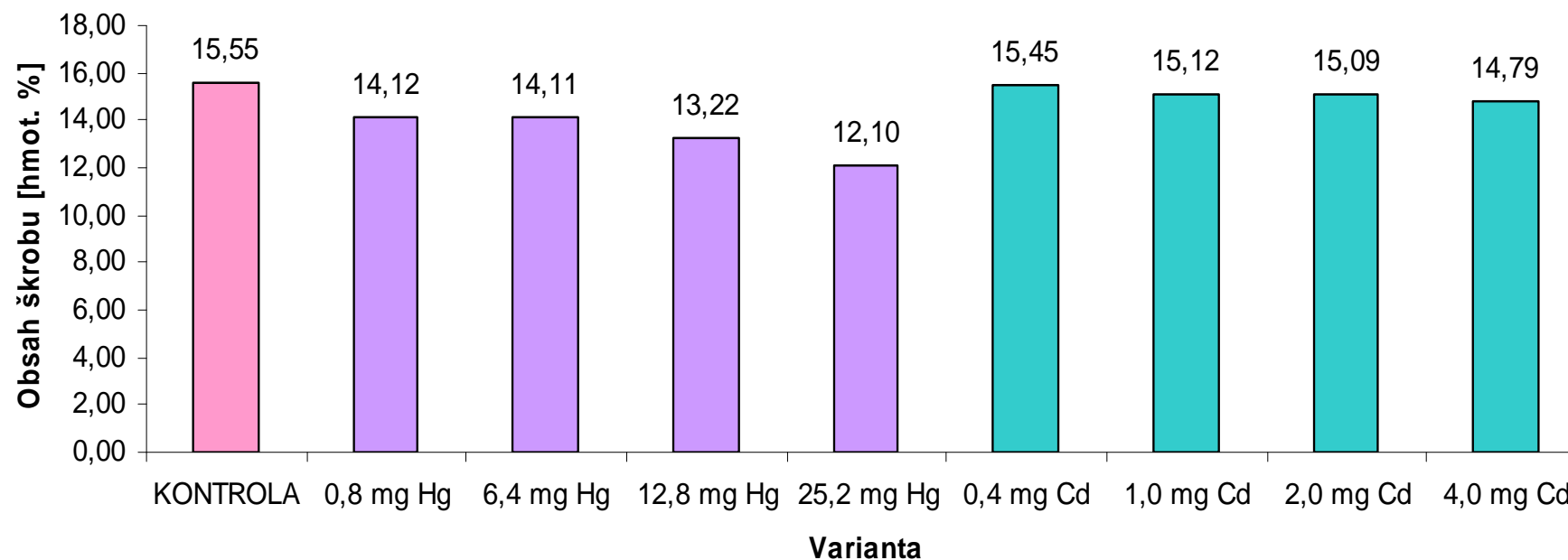
PŘÍLOHA P IV

Tab. P. IV. Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KRYSTALA

varianta	Obsah škrobu [hmotnostní %]
KONTROLA	15,55
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	14,12
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	14,11
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	13,22
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	12,10
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	15,45
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	15,12
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	15,09
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	14,79

Graf. P. IV. Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze (v hmotnostních %) odrůdy KRYSTALA

Průměrný obsah škrobu v bramborové hlíze odrůdy KRYSTALA

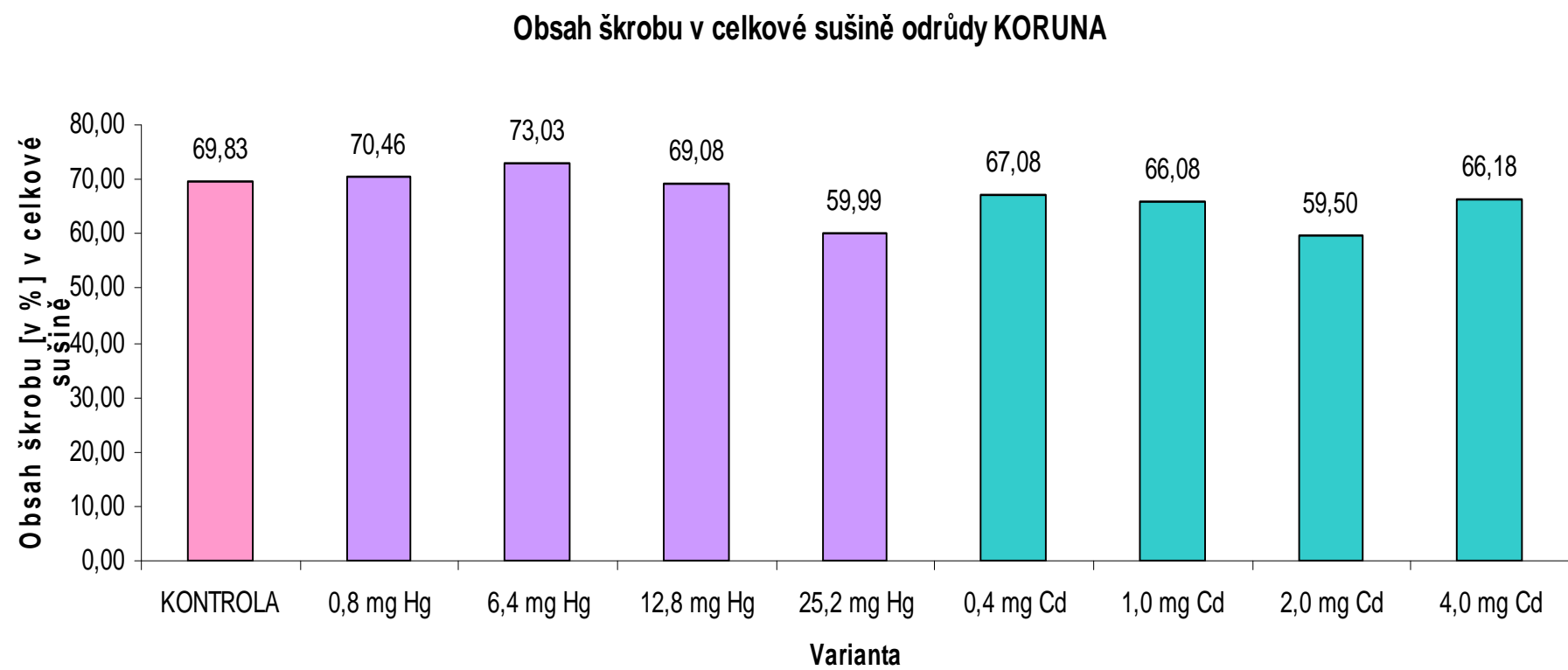


PŘÍLOHA P V

Tab. P. V. Obsah škrobu v celkové sušině (v %) odrůdy KORUNA

varianta	Obsah škrobu v celkové sušině
KONTROLA	69,83
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	70,46
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	73,03
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	69,08
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	59,99
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	67,08
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	66,08
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	59,50
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	66,18

Graf. P. V. Obsah škrobu v celkové sušině (v %) odrůdy KORUNA

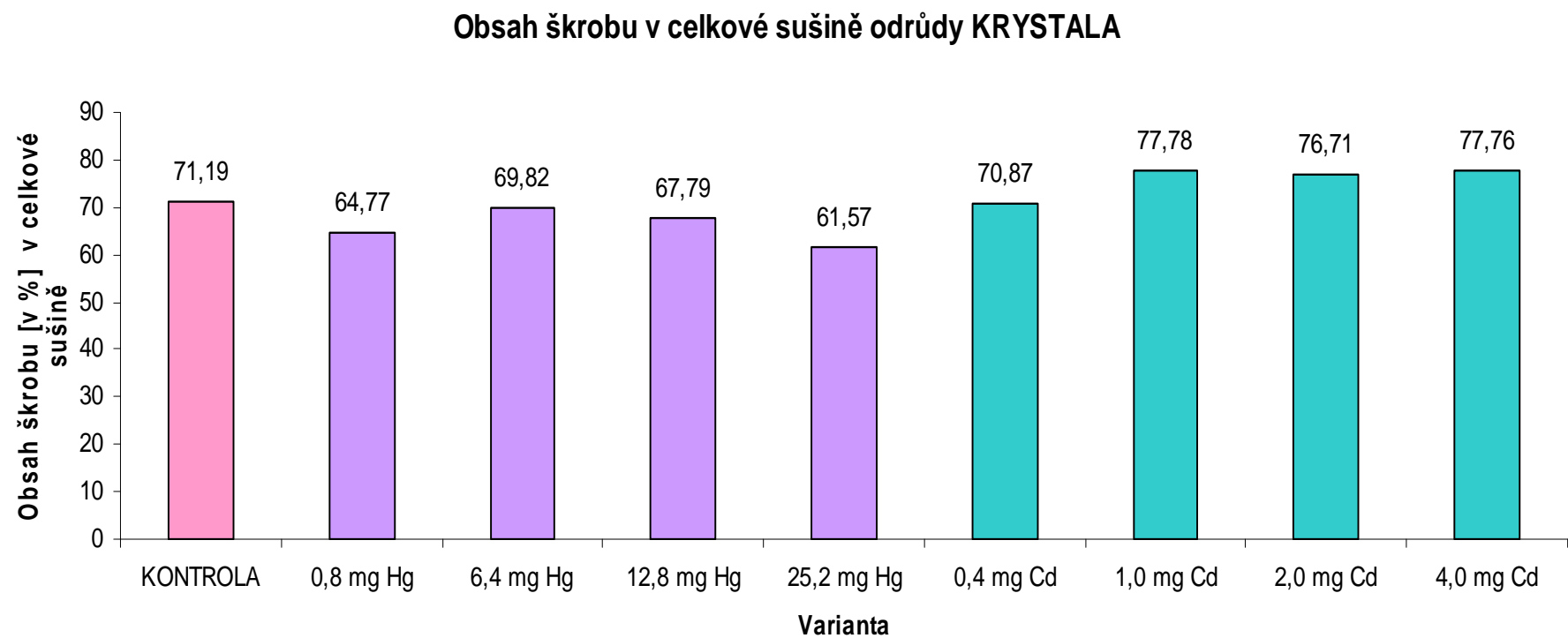


PŘÍLOHA P VI

Tab. P. VI. Obsah škrobu v celkové sušině (v %) odrůdy KRYSTALA

varianta	Obsah škrobu v celkové sušině
KONTROLA	71,19
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	64,77
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	69,82
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	67,79
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	61,57
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	70,87
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	77,78
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	76,71
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	77,76

Graf. P. VI. Obsah škrobu v celkové sušině (v %) odrůdy KRYSTALA

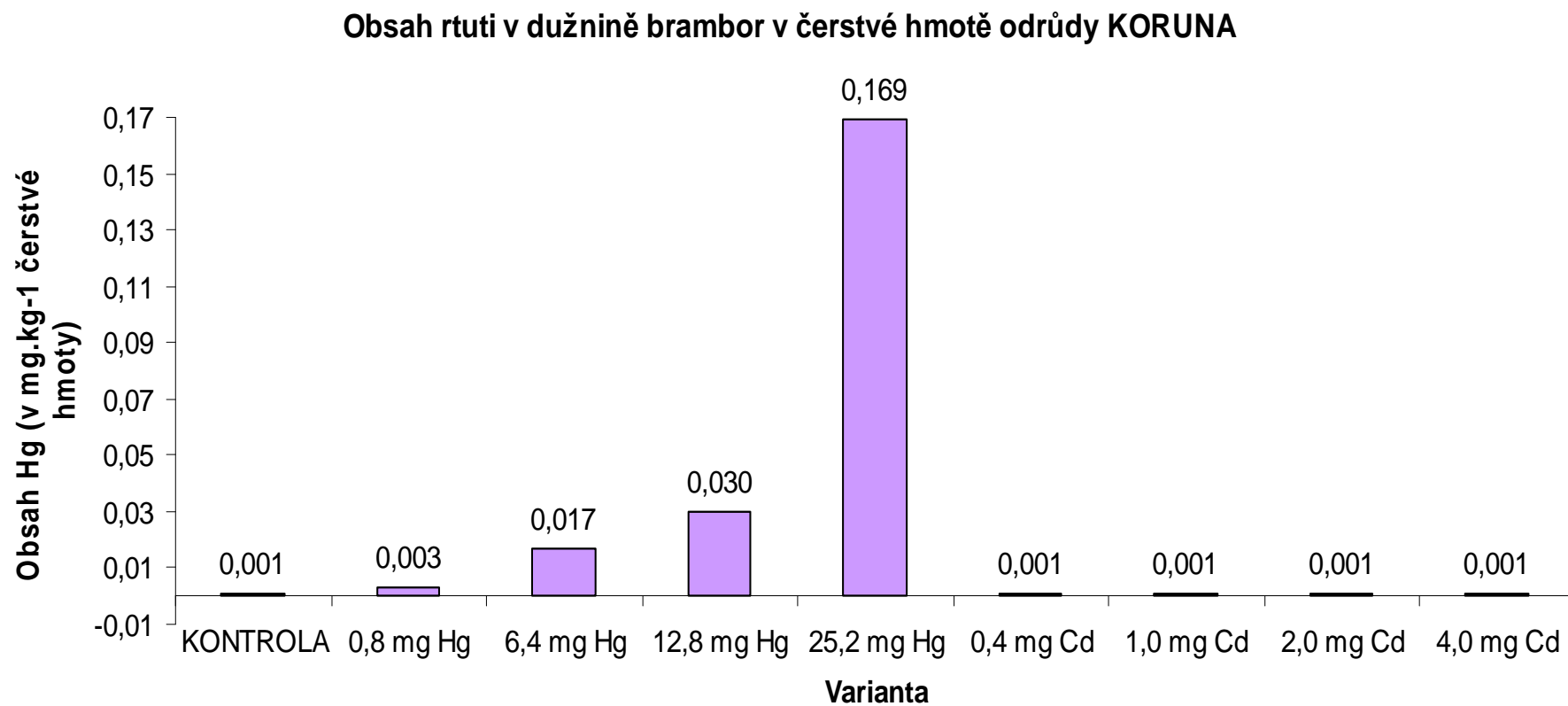


PŘÍLOHA P VII

Tab. P. VII. Průměrný obsah rtuti v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KORUNA

varianta	Hg
KONTROLA	0,001
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	0,003
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	0,017
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	0,030
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	0,169
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	0,001
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,001
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,001
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,001

Graf. P. VII. Průměrný obsah rtuti v dužnině brambor v mg. kg⁻¹ čerstvé hmoty u odrůdy KORUNA



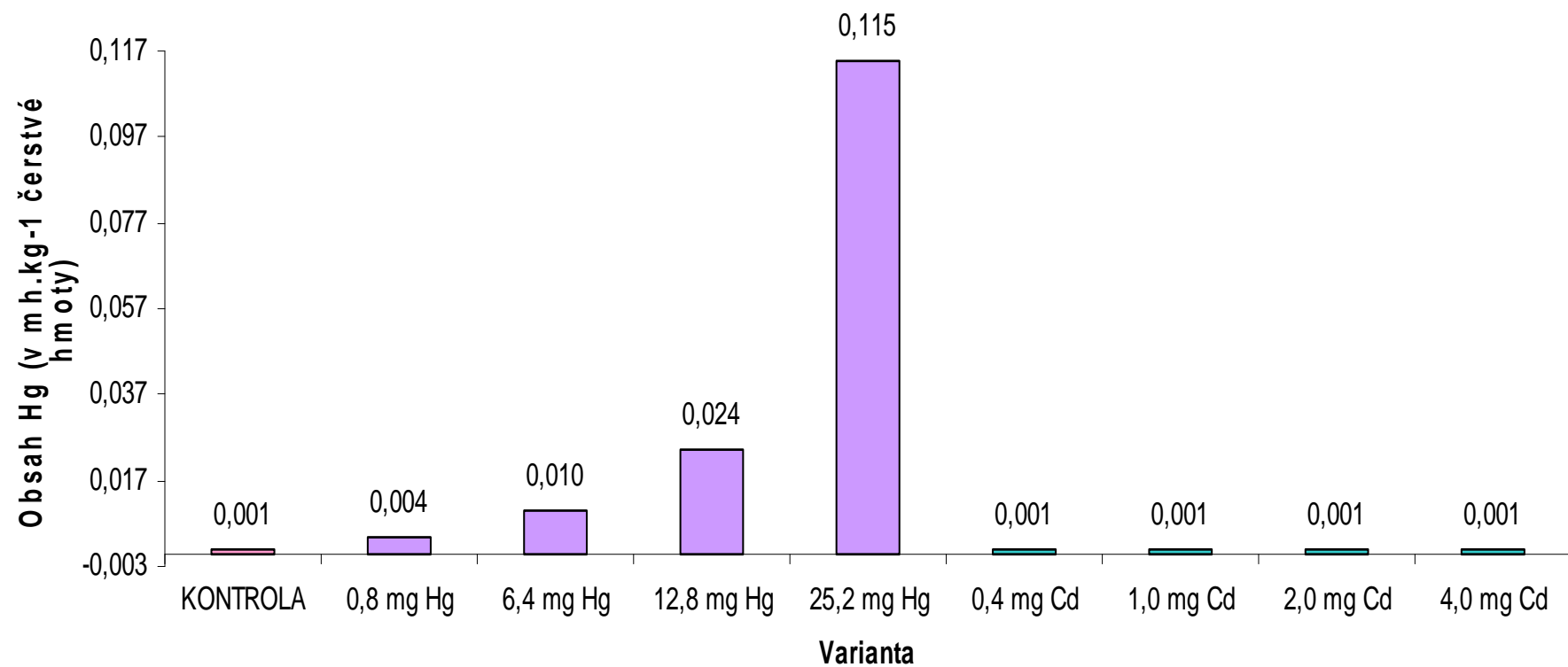
PŘÍLOHA P VIII

Tab. P. VIII. Průměrný obsah rtuti v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KRYSTALA

varianta	Hg
KONTROLA	0,001
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	0,004
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	0,010
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	0,024
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	0,115
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	0,001
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,001
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,001
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,001

Graf. P. VIII. Průměrný obsah rtuti v dužnině brambor v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty u odrůdy KRYSTALA

Obsah rtuti v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KRYSTALA



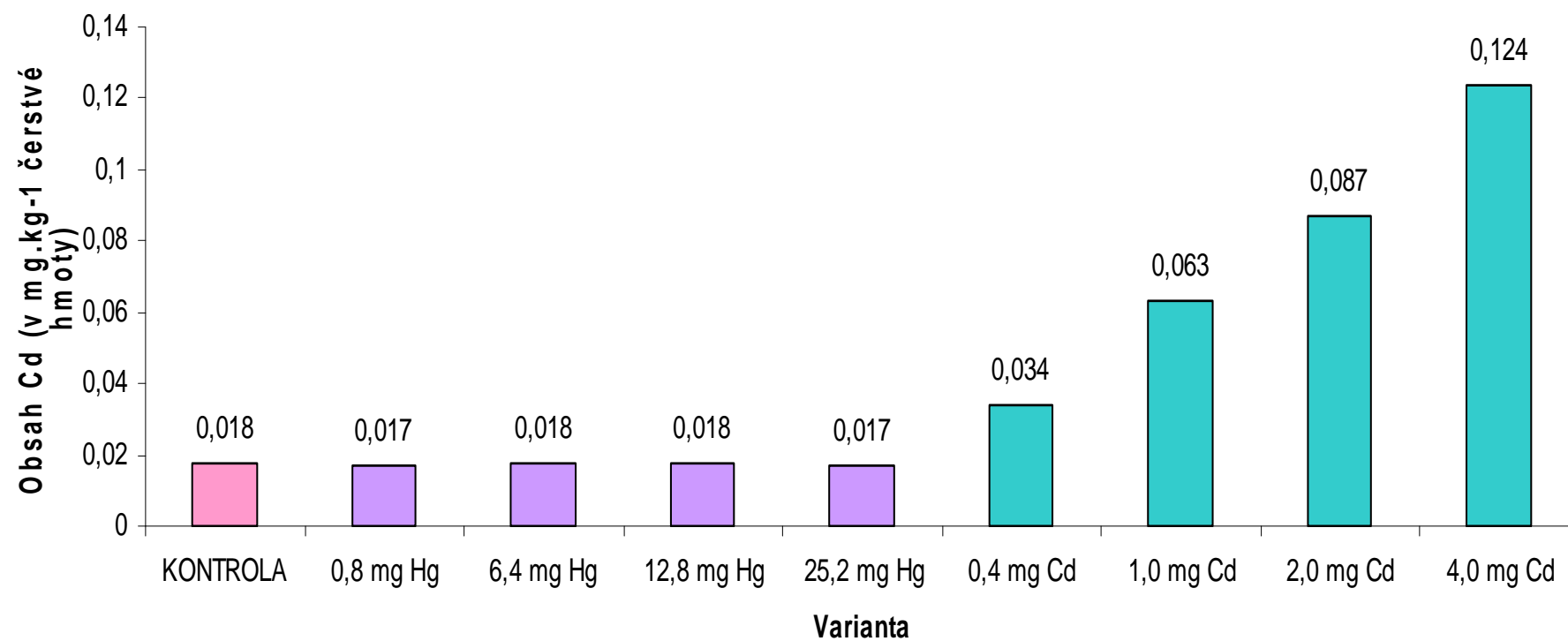
PŘÍLOHA P IX

Tab. P. IX. Průměrný obsah kadmia v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KORUNA

varianta	Cd
KONTROLA	0,018
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	0,017
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	0,018
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	0,018
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	0,017
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	0,034
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,063
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,087
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,124

Graf. P. IX. Průměrný obsah kadmia v dužnině brambor v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty u odrůdy KORUNA

Obsah kadmia v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KORUNA



PŘÍLOHA P X

Tab. P. X. Průměrný obsah kadmia v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KRYSTALA

varianta	Cd
KONTROLA	0,014
0,8 mg Hg.kg ⁻¹	0,015
6,4 mg Hg.kg ⁻¹	0,015
12,8 mg Hg.kg ⁻¹	0,016
25,2 mg Hg.kg ⁻¹	0,014
0,4 mg Cd.kg ⁻¹	0,036
1,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,049
2,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,079
4,0 mg Cd.kg ⁻¹	0,097

Graf. P. X. Průměrný obsah kadmia v dužnině brambor v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty u odrůdy KRYSTALA

Obsah kadmia v dužnině brambor v čerstvé hmotě odrůdy KRYSTALA

