

# Vliv molybdenu a arsenu na chemické složení bramborových hlíz

Bc. Radek Číž

---

Diplomová práce  
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav potravinářského inženýrství

akademický rok: 2006/2007

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radek Číž**  
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**  
  
Téma práce: **Vliv molybdenu a arsenu na chemické složení  
bramborových hlíz**

Zásady pro vypracování:

1. V literárním přehledu zpracujte současné poznatky o významu molybdenu a arsenu ve výživě a biochemismu rostlin.
2. Založte nádobový pokus se stupňovanými dávkami molybdenu a arsenu. Jako indikační plodinu použijte velmi rané brambory.
3. U vypěstovaných hlíz proveďte chemické analýzy na obsah sušiny, škrobu, hrubé bílkoviny a vybraných chemických prvků.
4. Získané výsledky statisticky vyhodnoťte.
5. Srovnajte dosažené výsledky s literaturou v daném oboru za posledních dvacet let.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Otakar Rop, Ph.D.**

Ústav potravinářského inženýrství a chemie

Datum zadání diplomové práce:

**8. ledna 2007**

Termín odevzdání diplomové práce:

**31. května 2007**

ve Zlíně dne 2. května 2007



*Ignác Hoza*  
prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.  
děkan

*Ignác Hoza*  
prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.  
ředitel ústavu

## **ABSTRAKT**

Cílem mé diplomové práce bylo sledovat vliv stupňovaných dávek molybdenu a arsenu na výnos a chemické složení bramborových hlíz.

V literární části byla stručně zpracována problematika všech mikroelementů a arsenu. Popisuji zde jejich výskyt a pohyb v životním prostředí, působení na živé organismy. Tato část dále obsahuje krátkou charakteristiku brambor a jejich chemické složení. Praktická část diplomové práce byla vedena formou nádobového pokusu s bramborami odrůdy Komtesa. Byl sledován vliv a přijatelnost molybdenu a arsenu hlízkami brambor při stupňujícím se obsahu těchto dvou prvků v půdě. Výsledky měření byly statisticky zpracovány. Na základě měření bylo možno říct, že se zvyšujícím se množstvím molybdenu a arsenu v půdě se zvyšuje obsah těchto prvků také v hlízkách brambor. Dále pak byly bramborové hlízy analyzovány na obsah sušiny, škrobu, fosforu a hrubé bílkoviny.

**Klíčová slova:** brambory, mikroelementy, molybden, arsen, sušina, škrob, hrubá bílkovina, dusík, fosfor

## **ABSTRACT**

The aim of my diploma thesis was to follow the influence of graded concentrations of molybdenum and arsenic on harvest and chemical composition of potatoes tubers.

The problems of all data element chains and arsenic 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 characteristion of potatoes and their chemical composition. Practical part of diploma thesis was leaded of form of pot experiment with potatoes variety Komtesa. Was tracked influence and acceptability of molybdenum and arsenic tubers potatoes with graded content these two elements in the soil. Results of metering was statistically processed. On the basis of metering was possible to say, that the raising quantity of molybdenum and arsenic in the soil is increases content these this elements also in potatoes tubers. Further was potatoes tubers analysed on solids content, starch, phosphorus and crude protein.

**Keywords:** potatoes, data element chains, molybdenum, arsenic, dry matter, starch, crude protein, nitrogen, phosphorus

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Otakaru Ropovi, PhD. za odborné vedení, ochotu, rady a připomínky, které mi poskytoval při vypracování této práce.

Dále bych chtěl poděkovat rodině, přátelům a kolegům za poskytnutí možnosti studovat a za jejich oporu, trpělivost a povzbuzení při studiu.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 26. 4. 2007

.....

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 MIKROELEMENTY</b> .....	<b>10</b>
1.1 VÝZNAM MIKROELEMENTŮ VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA .....	11
1.2 VÝZNAM MIKROELEMENTŮ VE VÝŽIVĚ ROSTLIN.....	14
1.3 VÝZNAM MIKROELEMENTŮ VE VÝŽIVĚ BRAMBOR .....	20
<b>2 MOLYBDEN</b> .....	<b>23</b>
2.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA A CHEMICKO-FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI .....	23
2.2 TOXICKÉ A ESENCIÁLNÍ VLASTNOSTI.....	23
2.3 KONCENTRAČNÍ ZASTOUPENÍ MOLYBDENU VE SLOŽKÁCH ŽIV. PROSTŘEDÍ .....	24
2.4 MOLYBDEN V LIDSKÉM ORGANISMU .....	25
2.5 MOLYBDEN V ROSTLINÁCH .....	26
2.6 MOLYBDEN V PŮDĚ.....	28
2.7 MOLYBDEN V BRAMBORÁCH .....	29
<b>3 ARSEN</b> .....	<b>30</b>
3.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA .....	30
3.2 POUŽITÍ ARSENU .....	30
3.3 ARSEN V ŽIVOČIŠNÉM ORGANISMU .....	30
3.4 ARSEN V PŮDĚ .....	31
3.5 ARSEN V ROSTLINÁCH .....	32
<b>4 BRAMBORY</b> .....	<b>33</b>
4.1 BOTANICKÉ VLASTNOSTI BRAMBOR A ANATOMICKÁ SKLADBA BRAMBOROVÉ HLÍZY .....	33
4.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ BRAMBOR.....	35
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>41</b>
<b>5 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>42</b>
<b>6 METODIKA</b> .....	<b>43</b>

<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>46</b>
7.1	VÝNOSOVÉ PARAMETRY U BRAMBOROVÝCH HLÍZ S PŘÍDAVKEM MO .....	46
7.2	OBSAH SUŠINY V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH S PŘÍDAVKEM MO .....	46
7.3	OBSAH ŠKROBU V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH S PŘÍDAVKEM MO.....	47
7.4	OBSAH HRUBÉ BÍLKOVINY V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH S PŘÍDAVKEM MO .....	47
7.5	OBSAH FOSFORU V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH S PŘÍDAVKEM MO .....	48
7.6	OBSAH MOLYBDENU V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH S PŘÍDAVKEM MO .....	49
7.7	OBSAH ARSENU V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH S PŘÍDAVKEM AS .....	49
7.8	OBSAH DUSÍKU V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH S PŘÍDAVKEM AS.....	50
7.9	OBSAH FOSFORU V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH S PŘÍDAVKEM AS .....	50
<b>8</b>	<b>DISKUSE</b> .....	<b>51</b>
	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>56</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>66</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>67</b>
	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>68</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>69</b>

## ÚVOD

Brambory slouží jako doplňková potravina k dosažení fyziologicky vyvážené stravy. Jejich význam je dán tím, že plní nejen funkci potraviny objemové, ale i sytící (sacharidická složka) a ochranné (vitamíny, minerální látky). Současná spotřeba brambor ke konzumním účelům činí u nás 75 – 80 kg na osobu a rok.

Brambory jsou ve světovém měřítku po pšenici, kukuřici a rýži čtvrtou nejdůležitější plodinou, která zajišťuje výživu obyvatel. Setkáváme se s nimi také ve výživě zvířat a 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.

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. Podle požadavků spotřebitelů bylo vyšlechtěno mnoho odrůd stolních brambor s různou délkou vegetační doby, vhodných pro vaření ve slupce, na výrobu salátů, kaší nebo do těsta a i pro jiné výrobky.

Jedním ze základních faktorů vysoké produkce kvalitních brambor zůstává jejich hnojení. Optimalizace použití jednotlivých minerálních látek pro výživu brambor je významným trendem v pěstování této plodiny nejenom u nás, ale i v dalších zemích Evropské unie. Vhodně zvolené využívání dávek a forem hnojiv může podstatným způsobem ovlivnit kvalitu a výživovou hodnotu konečného produktu. Tato práce by měla být příspěvkem k řešení složitého problému vlivu obsahu jednotlivých živin v prostředí na chemické složení bramborových hlíz. V praktické části práce jsem se konkrétně zaměřil na vliv stupňovaných dávek molybdenu na výnosové parametry, obsah sušiny, škrobu, fosforu, molybdenu a dusíkatých látek v bramborových hlízách. U stupňovaných dávek arsenu jsem sledoval změny obsahu fosforu, dusíku a arsenu.



# **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 MIKROELEMENTY

Minerální látky včetně stopových prvků jsou integrujícími složkami všech živých organismů. Proto se s nimi setkáváme ve všech potravinách rostlinného i živočišného původu. S výjimkou vzácných plynů nazýváme všechny prvky vyskytující se v biosféře bioelementy. Prvky, jejichž biologická funkce je prokázána se zpravidla označují jako biogenní. Ty se pak člení na invariabilní, ty jsou přítomny ve všech živých organismech, a variabilní, přítomné pouze v některých druzích. Další dělení vychází opět ze zastoupení prvků podle množství, a to jsou buď makroelementy či makrobiogenní prvky nebo mikroelementy nebo též mikrobiogenní prvky [1].

Bersin (1983) dělí bioelementy na organika a anorganika. Anorganika dále rozděluje na minerálie, podle jiných autorů na makroelementy minerální, prvky stopové (esenciální), a prvky, jejichž funkci dosud přesně neznáme a které se v literatuře označují někdy jako akcidentální, tj. nahodile se vyskytující [2].

Jako stopový se označuje takový prvek, jehož celkové množství v potravine nepřesahuje  $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , avšak někteří autoři volí i vyšší hranici. Esenciální stopové prvky jsou zpravidla součástí biochemicky účinných látek, které jsou nezbytné pro normální činnost buněk nebo jsou i aktivátory těchto účinných látek [1].

Podle fyziologických a biochemických vlastností rozdělujeme prvky v rostlinném těle následovně:

- a) makroelementy – dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík – rostlina tyto prvky potřebuje pro stavbu svého organismu,
- b) mikroelementy – železo, mangan, zinek, měď, bór, molybden – rostlina potřebuje tyto prvky jen v malé míře jako součást enzymových systémů,
- c) prvky užitečné – sodík, chlór, křemík, hliník, vanad, kobalt, titan – tyto prvky potřebují jen některé rostliny, pro většinu rostlin jsou jinak toxické [3].

Tab. I. Rozdělení živin a průměrné zastoupení v rostlinách ( % v čerstvé hmotě)

Základní biogenní prvky					
C		H		O	
45		6		45	

Makroelementy					
N	P	K	Ca	Mg	S
1,5	0,2	1,0	0,5	0,2	0,1

Mikroelementy					
B	Fe	Mn	Zn	Ca	Mo
0,002	0,001	0,005	0,002	0,0006	0,00001

### 1.1 Význam mikroelementů ve výživě člověka

V živočišných a rostlinných organismech je přítomen velký počet prvků v nepatrných množstvích. Některé z nich jsou stavebním kamenem různých tkání, jiné mají za úkol udržovat rovnováhu ve vnitřním prostředí, další jsou součástí hormonů nebo enzymů [4].

Tyto látky mohou být také součástí vitaminů a jiných fyziologicky významných látek, a proto jsou pro dané druhy organismů nezbytné. Podle Davídka (1983) jsou esenciálními stopovými prvky pro člověka železo, zinek, mangan, měď, molybden, kobalt, jod, chrom, selen a snad i fluor [1].

Žádnou z minerálních látek si lidský organismus nedokáže vyrobit, protože nejde o sloučeniny, nýbrž o chemické prvky [4].

Organismus získává esenciální stopové prvky podobně jako minerálie výživou, tj. exogenně. Jejich doporučenou denní potřebu udává tabulka II. Lidský organismus přijímá stopové prvky potravou, případně i vodou. Jejich obsah v různých potravinách se může řádově lišit (tabulka III) a záleží i na způsobu zpracování [1].

Tab. II. Doporučená denní potřeba mikroelementů člověkem

Prvek	Denní potřeba (mg)
Železo	12-15
Zinek	10
Mangan	5-10
Měď	2
Molybden	0,5

Tab. III. Obsah mikroelementů v některých potravinách podle Davídka (1983)

Druh potravin	Obsah prvku v jedlém podílu (mg.kg <sup>-1</sup> )				
	Fe	Zn	Mn	Cu	Mo
Hovězí maso	25	30	0,5	1,5	-
Vepřové maso	20	40	0,15	1,5	-
Vejce	21	14	0,3	0,3	-
Mléko	2,5	4	0,6	0,3	Stopy
Mouka žitná	48	-	30	6	-
Rýže	28	3	10	0,6	-
Brambory	17	2	11	11	-
Fazole	60	100	20	10	3,5
Špenát	70	9	20	5	-
Jablka	3,5	1,5	0,8	0,9	-

### Železo

Jedním ze stopových prvků vyskytujících se ve značném počtu fyziologicky významných látek je železo. V mnoha živočišných organismech je přítomno jako součást důležitých oxidoredukčních pigmentů a enzymů [1].

Příjem železa je důležitý hlavně pro tvorbu červených krvinek v lidském organismu. Barva červených krvinek je způsobena pigmentem zvaným hemoglobin, což je komplex tvořený bílkovinami se zabudovaným železem [4].

Zdrojem železa pro člověka bývají potraviny živočišného i rostlinného původu. V potravinách živočišných, obsahujících zpravidla zmíněné hemové proteiny, příp. další bílkoviny, ve kterých je železo vázáno, je podle některých autorů jen menší část přítomného železa využitelná. Jeho využitelnost stoupá po tepelné denaturaci bílkovinné složky [1].

Podle Brázdové (1995) je v průměru vstřebáno lidským organismem jen 10% přijatého železa [4].

V potravinách rostlinného původu bývá železo vázáno v různých komplexech, zvláště s alifatickými hydroxykyselinami, aminokyselinami, atd. Z hlediska výživy jsou nevyužitelné těžce rozpustné soli, např. fytinát železitý. V potravinách bývá železo přítomno i jako nežádoucí kontaminant. Katalyzuje některé oxidativní procesy, zvláště oxidaci L-askorbové kyseliny a nenasycených mastných kyselin. S tříslovinami a antokyanidy vytvářejí ionty železa barevné sloučeniny, které jsou nežádoucí z hlediska sensorické hodnoty výrobků [1]. Denní potřeba železa činí u člověka 12 – 15 mg. Dobrým

zdrojem železa jsou játra, vaječný žloutek a některé druhy zeleniny. Vhodnou úpravou lze využít i železa z krve zvířat [5].

### **Zinek**

Zinek je součástí mnoha enzymů, např. karboanhydrasy, alkoholdehydrogenasy, některých peptidas atd. [1]. V lidském těle doprovází zinek inzulin a prodlužuje jeho hypoglykemický efekt [5]. V živočišných a rostlinných potravinách bývá zinek vázán v různých komplexech. Nejčastěji se zinek váže triolovými skupinami, mimo jiné např. cysteinem. Známé jsou i jeho vazby s histidinem a také L-askorbovou. Denní potřeba zinku pro člověka se pohybuje okolo 10 mg, za normálních podmínek je kryta příjmem z potravy. Jeho dobrým zdrojem jsou některé zeleniny, obilniny, luštěniny, maso a játra [6].

### **Měď**

Měď je důležitý stopový prvek, který se vyskytuje vázaný v mnoha funkčně význačných metaloproteinech (v lidské krvi, např. v hemokupreinu). Pro člověka je měď esenciálním stopovým prvkem, který se podílí na tvorbě krve pravděpodobně tím, že katalyzuje vstup železa do porfyrinového skeletu [1]. Měď je též součástí řady enzymů, , např. L-askorbátoksygenasy a tyrosinasy [5]. Měď však může působit také jako kontaminant, protože katalyzuje nežádoucí oxidační reakce jako je oxidace L-askorbové kyseliny nebo nenasycených mastných kyselin [1].

### **Mangan**

Mangan se vyskytuje jako součást nebo aktivátor řady důležitých enzymů, např. alkalické monofosforečné esterase I, pankreatické nukleasy apod. [5]. Dále se vyskytuje v řadě enzymů zapojených do syntézy mastných kyselin a cholesterolu. V živočišných organismech se mangan vyskytuje ve formě Mn (II) [1]. Bohatým zdrojem manganu jsou rýžové otruby, pšeničné klíčky, oves, petržel, a borůvky. Naproti tomu chudým zdrojem je mléko, hovězí maso a vejce [6].

## 1.2 Význam mikroelementů ve výživě rostlin

Existuje celá řada živin, které kulturní rostliny potřebují jen ve velmi malém množství. Jedná se o mikroelementy (stopové prvky), jejichž nedostatek nebo nedostupnost pro rostliny však může vést k závažným růstovým depresím.

K mikroelementům, které jsou pro výživu rostlin nezbytné, patří: bór, měď, mangan, molybden a zinek. Jsou vysoce účinné již v malém množství a mohou mít významný vliv na vyšší výnosů. Oproti tomu význam železa je pro kulturní rostliny spíše podřadný. Jednotlivé druhy polních plodin se ve svých nárocích na mikroelementy značně liší [7].

Pochopení důležitosti některých mikroelementů pro normální růst a vývoj rostlin vzniklo až v tomto století. V současné době je pouze u desítky mikroelementů známo, že jsou životně nezbytné pro všechny rostliny a u některých dalších bylo prokázáno, že jsou nepostradatelné pro malý počet rostlinných druhů. U ostatních je známo, že vykazují stimulační vliv na růst rostlin, ale jejich funkce zatím nebyly objasněny. [8]

Charakteristickou zvláštností fyziologie těchto prvků je, že na jedné straně jsou nenahraditelné z hlediska nároků rostlin, ale při vysokých koncentracích mohou vykazovat toxický vliv na buňku a ovlivňovat kvalitu rostlinných produktů.

Na rozdíl od makroelementů, které působí v převážné míře jako stavební složky, mají mikroelementy ve spojení s enzymatickými systémy úlohu katalytickou. [9]

Z hlediska základních problémů výživy rostlin platí pro mikroelementy stejné obecné zákonitosti jako pro makroelementy. Protože se však jedná řádově o jiné obsahy v celém zemědělském výrobním procesu, je nutno upozornit na některé konkrétní odlišnosti:

- rostliny odčerpávají přibližně 1000x menší množství těchto prvků ve srovnání s makroelementy,
- požadavek různých plodin na jednotlivé mikroelementy je výrazně odlišný než je tomu u makroelementů.

Vzhledem k tomu, že již poměrně malé množství mikroelementů může být příčinou buď nedostatku nebo přehnojení (zvláště u některých prvků), je třeba znát symptomy nedostatku a nadbytku těchto živin, které se objevují během vegetace na rostlinách. Je to důležité pro vysvětlení fyziologických poruch ve výživě rostlin mikroelementy [10].

## Železo

Příjem železa rostlinou probíhá mladými částmi kořenového systému, a to převážně jako  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  nebo ve formě Fe-chelátů. Jeho příjem antagonisticky ovlivňují  $\text{Cu}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cr}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$ . Sorpce železa rostlinou probíhá pod metabolickou kontrolou aktivně. Železo je přijímáno do rostliny pomocí specifických reduktáz a v buňce je převáděno na chelátovou formu nebo je ve vnějším prostředí v chelátové vazbě a soutěží s endogenními chelátory, případně do buňky proniká chelát celý. [10]

V rostlině se železo pohybuje většinou ve formě oligopeptidických chelátů. Pohyblivější jsou cheláty  $\text{Fe}^{2+}$ .  $\text{Fe}^{2+}$  je však snadno oxidován na  $\text{Fe}^{3+}$ , v chelátu se uvolní a zůstává v metabolicky inaktivní formě ve volných prostorách pletiv. To pak vede k indukované chloróze. [9]

Rostlina sama vylučuje chelátotvorné látky, které jsou využívány na vazbu těžkých kovů přítomných v půdním roztoku (Cu, Zn). Velmi významné je konkurenční působení iontu  $\text{Ca}^{2+}$  na příjem železa. Na silně vápenatých půdách přítomný vápník omezuje příjem Fe a zesiluje chlorózu. S tím silně souvisí i vliv pH, který společně s vysokým obsahem  $\text{Ca}^{2+}$  podmiňuje srážení i oxidaci  $\text{Fe}^{2+}$  na  $\text{Fe}^{3+}$  a ve vodivých pletivech se tvoří nerozpustné soli železitých fosfátů. [8]

Vlastní pohyb železa a jeho distribuce v rostlině jsou velmi malé. Proto se příznaky deficiencie objevují u mladých listů, zatímco starší listy a tkáně jsou zelené. Mladé části rostlin zvláště u ovocných dřevin, jsou tak závislé na nepřetržitém dodávání Fe xylémem nebo aplikací na list. Pravděpodobně nejvýznamnější forma, ve které je železo transportováno, je u vyšších rostlin citrát železnatý [10].

Železo ovlivňuje enzymové systémy, činnosti ferredoxinu a cytochromů, metabolismus bílkovin, je významné v buněčných organelách a je také místem syntézy chlorofylu [11].

K nedostatku železa v rostlině a ke vzniku chlorózy může docházet při interakcích železa s jinými kovy, vyvázáním železa v rostlině fosfátem nebo na bazických substrátech v důsledku vysokého poměru K:Ca. Jeho obsah v rostlinách lze zvýšit použitím synteticky vyráběných chelátů železa aplikovaných listovou výživou. Železo se dostává přímo do listu a může v relativně krátké době zmírnit nebo odstranit chlorózu způsobené z nedostatku železa nebo z nevhodného pH půdy (>6,5). Zvláště na půdách vápenatých s vysokým obsahem jílu je léčení chloróz i pomocí chelátů obtížnější, poněvadž může být způsobené také nedostatkem dalších kovů.

Obsah železa v rostlině není jediným měřítkem pro posouzení stupně zásobenosti rostliny proto, že výskyt chlorózy nepostupuje ve většině případů společně se sníženým obsahem železa v chlorotických listech. Často dochází i k situaci opačné, tj. že chlorotické listy mají větší množství Fe než listy zdravé [10].

Příznaky deficiencie železa se projevují u většiny rostlin podobně. Mladší listy se vyznačují chlorotickým blednutím interkostálních polí, zatímco pletivo bezprostředně sousedící s nervaturou si ponechává normální zabarvení a liší se ostře jako zelená síť (u dvouděložných) nebo ve formě zelených podélných pruhů (jednoděložné) od světle zeleného až žlutavého podkladu listu. Na rozdíl od nedostatku hořčíku, který vede k podobným příznakům na starších listech, lze nedostatek železa pozorovat vždy na nejmladších listech. Při silnějším nedostatku Fe se ztrácí u listů postupně chlorofyl až celý list dostává zabarvení slonoviny. Chlorózy z nedostatku železa jsou více rozšířeny u dřevin než u jednoletých rostlin. [8]

Na nedostatek Fe jsou nejcitlivější ovocné stromy - hrušeň, jabloň, slíva, broskvoň, réva vinná, maliník. Méně citlivý je angrešt a rybíz. Z polních plodin jsou citlivější na nedostatek Fe brambory, rajčata, oves, kukuřice [10].

## **Mangan**

Obsah manganu v rostlinách kolísá od 0,001-0,01% sušiny u různých druhů i v různých orgánech jedné a téže rostliny. Nejbohatší jsou obaly semen a plodů, zárodky semen a zelené listy. Rostlina ho přijímá jako  $Mn^{2+}$  nebo jako Mn-chelát. Antagonisticky působí Ca, Mg,  $NH_4^+$  aj., synergický vliv se projevuje u nitrátů.

Pohyblivost manganu v rostlině je velmi nízká, pohybuje se zřejmě v chelátové vazbě. Jako transportéry slouží látky peptidického charakteru, které mohou být shodné pro několik kovů [10].

Mangan patří k významným stopovým prvkům. V oblasti vysokých výnosů odebírají pšenice a cukrovka půdě okolo 700 až 1 000 gramů z hektaru. Řepka spotřebuje dokonce až 2 500 gramů z hektaru. K nejdůležitější úloze manganu v rostlinách patří aktivace enzymů. Při nedostatečném obsahu manganu se snižuje zimovzdornost obilovin, klesá obsah oleje u řepky a snižuje se výtěžnost cukru u cukrovky [12].

Mezi rostlinami se projevují velké druhové rozdíly jak v nárocích, tak i ve schopnosti příjmu Mn z půdy. Klesne-li koncentrace přijatelného manganu v půdě pod určitou hranici, sníží se i jeho obsah v rostlinných tkáních, což se navenek projeví listovou



chlorózou. Při silnějším nedostatku manganu se listy úplně odbarví, přičemž nervatura zůstává zelená. Růst je silně omezen nebo se dokonce zcela zastaví. V pozdějších stadiích se objevují šedo zelené skvrny, které pak hnědnou a zasychají. Vnější příznaky vznikají následkem změn v plastidech, kde dochází k zastavení tvorby chlorofylu. Většina plastidů hrudkovatí, později se úplně rozpustí a tvoří žlutavý roztok v cytoplazmě. Rostliny nemohou spotřebovat škrob a přeměňují jej v tuky, které se hromadí v buňkách. V lodyhách dochází k úbytku xylému, špatně se vyvíjí kořenový systém, přičemž jsou nejvíce postiženy postranní kořeny. Dochází k omezení růstu plodů a mnohdy se rostliny do stadia plodnosti vůbec nedostávají. [9]

Rostliny odčerpávají v průměru 500-1000g Mn.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>. K odstranění deficiencie se používá MnSO<sub>4</sub> nebo vhodnější je chelát manganu (Mn-EDTA).

Nadbytek manganu v půdě vyvolává na rostlinách rovněž těžké chlorózy. Na rubu listů se tvoří hnědé až červenohnědé tečky, které v pozdějším stadiu splývají ve větší skvrny. Při silném nadbytku listy odumírají.

Na přihnojení manganem velmi dobře reaguje cukrovka, krmná řepa, oves, pšenice, ječmen, hrách, fazol, brambory, ovocné stromy, vinná réva [10].

## **Bor**

Bór je rostlinami přijímán hlavně pomocí kořenů při optimálním pH půdy 5-6. Je nekovové povahy a jeho zapojení do metabolismu je ze stopových prvků nejméně objasněno. Bór má význam v látkovém a energetickém metabolismu rostlin. Přestože není složkou žádného enzymu, má vliv na aktivitu katalázy, peroxidázy, polyfenoloxidázy, askorbázy a auxinoxidázy [10].

Bór má vztah k fosfátové reakci s karboxylovými skupinami sacharidů, alkoholů a organických kyselin. Ovlivňuje metabolismus sacharidů, umožňuje jejich transport. Působí také na stabilitu buněčných stěn. Bór je důležitý při syntéze nukleových kyselin [11].

V metabolismu cukrů bylo prokázáno, že se vliv bóru projevuje v transportu glukosy z mladých orgánů do orgánů reprodukčních. Lehce se slučuje do komplexů s D-fruktózou a D-arabinózou. Bór s cukry a pektinovými látkami mají vliv na diferenciaci buněčných membrán.

Rostliny přijímají bór ve formě aniontů kyseliny borité H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HBO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, BO<sub>3</sub><sup>-</sup> a příjem je závislý na sorpční schopnosti kořenů, na obsahu bóru v rostlinách a na rozpustnosti sloučenin bóru, jak v půdě, tak i rostlině.

V rostlinném organismu je bór relativně nepohyblivý a jeho obsah obvykle narůstá od nižších částí rostlin k vyšším. Koncentrace bóru v rostlinách je různá. Jednoděložné rostliny obsahují v průměru 2-5 ppm, dvouděložné 22-77 ppm B v sušině. [9]

Nedostatek bóru se projevuje morfologickými změnami a chlorozou mladých listů. Terminální pupeny resp. výhony odumírají. Internodia jsou protáhlá. U listů a stébel se projevuje křehkost s lámavostí, listy jsou kadeřavé. Kořeny mají omezený růst a na plodech se objevuje hnědá skvrnitost, sklovitost a deformace. [8]

Vysoká koncentrace bóru je pro většinu rostlin toxická. Příznaky se objevují na starších listech, kde vzniká zlatožluté zbarvení. Při pokračující kumulaci B se chloróza rozšiřuje a okraje listů odumírají. Toxicita bóru je větší vždy v aridní a semiaridní oblasti. Rozpustnost B se zvyšuje s teplotou půdy a jeho vysoký obsah můžeme redukovat vápněním nebo dusíkatým hnojením.

Vysokými nároky na bór se vyznačuje řepa, cukrovka, vojtěška, jetel, jablň, hrušeň, peckoviny, réva vinná [10].

## **Zinek**

Zinek je rostlinami přijímán převážně jako kationt  $Zn^{2+}$  a také v hydratovaných formách. Může být přijat také ve vhodné chelátové vazbě nebo jako  $Zn(OH)^+$ . Není známa forma, ve které je zinek translokován z kořenů do nadzemních částí rostliny. Hladina zinku v rostlinách je velmi nízká a všeobecně se pohybuje do 100 ppm v sušině. Příjem zinku inhibuje přítomnost některých kovů v půdě. Kompetitivní vliv na příjem má Fe a Mn. Depresivně na příjem působí  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  a  $Ba^{2+}$ . Zinek se hromadí v kořenech zejména při vysokých hladinách v prostředí. [9]

Pohyb zinku v rostlině je velmi malý, ve starých listech je prakticky imobilní. Imobilita je vysvětlována jeho reakcí s fosforem za vzniku  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ . Na pohyblivost zinku v rostlině nejsou jednotné názory. [10]

V rostlinném organismu plní zinek významné funkce. Při nedostatku Zn bylo zjištěno poškození funkce chloroplastů a snížila se intenzita fotosyntézy. Účast zinku v pochodech fotosyntézy spočívá pravděpodobně v tom, že zinek je nezbytnou složkou karboanhydratázy, alkoholdehydrogenázy, glutamátdehydrogenázy, laktádehydrogenázy a alkalické fosfatázy. Důležitou úlohu hraje zinek při regulaci metabolismu nukleových kyselin. Zinek inhibuje aktivitu ribonukleázy v rostlinných pletivech. Při nedostatku zinku stoupá aktivita tohoto enzymu. [8]

Zinek je napojen na metabolismus aminokyselin a bílkovin. Zinek je nezbytný jako aktivátor při tvorbě tryptofanu. Vzhledem k tomu, že zinek ovlivňuje tvorbu tryptofanu nepřímo ovlivňuje i tvorbu indolových auxinů. Zinek také zasahuje do metabolismu cukrů. Při nedostatku zinku se zvyšuje obsah redukujících cukrů a klesá fosforylace glukózy v důsledku inhibice hexokinázy. [10]

Při hodnotě pod 10 ppm Zn v sušině se objevují na rostlinách zřetelné symptomy nedostatku. Deficience se projevuje hlavně na mladých částech rostlin vytvářením růžic s úzkými a drobnými listy, které jsou bledě zelené a zkrácením internodií. U ovocných stromů se při nedostatku Zn vytváří růžice úzkých drobných listů, které jsou asymetrické a často zbarvené do modrozelená. [9]

Vedle nedostatku zinku se zvláště v oblastech postižených průmyslovými emisemi, v okolí skládek apod., objevuje u rostlin jeho nadbytek a často i toxicita. Projevuje se redukcí růstu kořenů a listů. Vysoké hladiny Zn v živném prostředí depresivně působí na příjem P a Fe. Ječmen reaguje červenohnědými skvrnami listů a brzy hyne. U kukuřice se dostavují chlorózy, růst je omezen, což má za následek snížený výnos. Rostliny bramboru se rovněž stávají chlorotickými a brzy hynou [10].

## **Měď**

Obsah mědi v rostlinách závisí především na druhových zvláštěnostech rostlin a na půdních podmínkách. Průměrný obsah mědi v rostlinných pletivech kolísá od 1,5 do 8,5 ppm v sušině. Vysoký obsah mědi byl zjištěn v listech, generativních orgánech, v plodech a semenech. Měď není v rostlinách příliš mobilní, i když může být translokována ze starých listů do mladých. Pohyb je závislý na jejím obsahu v rostlině [10].

Měď stabilizuje chlorofyl, ovlivňuje oxidační pochody a dýchání rostlin a zúčastňuje se syntézy bílkovin. Je složkou proteinového chloroplastu, kterým je zabezpečován transport elektronů. Má důležitou roli při syntéze a stabilitě chlorofylu a dalších barviv [11].

Měď je součástí enzymových oxidáz (cytochromoxidázy, askorbát oxidázy, polyfenoloxidázy ap.). Spolu s Fe se podílí na redukcí nitrátů v rostlině (je složkou nitritreduktázy). Vedle těchto reakcí měď se objevuje v proteinovém a sacharidovém metabolismu. Při deficienci Cu dochází v rostlinách k destrukci proteinu až na rozpustné aminokyseliny. Tím může být vysvětlena funkce Cu jako kofaktoru při syntéze enzymu a

vliv Cu na DNA a RNA syntézu. U mladých rostlin, kde je proteinová syntéza velmi aktivní, nižší hladiny DNA byly pozorovány právě při Cu deficienci. [9]

Při deficienci Cu se projevují chronická onemocnění. Postižené rostliny rostou zpočátku normálně, avšak v pozdějším období ontogeneze dochází k postupnému odumírání apikálních listů, jejich zasychání a změně barvy do silně žlutého odstínu. Takto jsou postiženy především staré listy, protože měď je ze starých listů transportována do mladých. Dalším z charakteristických příznaků deficience mědi je zastavení růstu, pokles turgoru a vadnutí.

Nejcitlivěji na nedostatek mědi v půdě reagují oves, ječmen a pšenice, méně žito, len a leguminózy, nejméně citlivé jsou brambory.

I když měď je pro rostliny biogenním prvkem, je u ní často pozorována rovněž vysoká toxicita. Toxicita je způsobena snadným vstupem jejího iontu do buňky a mimořádnou schopností tvořit komplexy s řadou organických látek. Měď se váže pevněji než Fe, a to je jeden z hlavních důvodů, proč ovlivňuje negativně příjem železa. Nadbytek se projevuje u většiny rostlin podobně jako nedostatek Fe, chlorózou [10].

O posledním prvku z řady mikroelementů je pojednáno v samostatné kapitole 2.5 Molybden v rostlinách

### **1.3 Význam mikroelementů ve výživě brambor**

Brambory se v ČR často pěstují na lehkých písčitéch půdách. Ty mívají ve srovnání s hlinitými půdami nižší obsah živin v půdní zásobě. To platí zejména pro stopové prvky, u nichž se navíc zvyšuje riziko vymývání při hodnotě pH nižší než 5,0. Při výnosu 40 t.ha<sup>-1</sup> odeberou brambory z půdy následující množství stopových prvků:

-mangan (Mn) 60 g . ha<sup>-1</sup>

-zinek (Zn) 135 g . ha<sup>-1</sup>

-bór (B) 125 g . ha<sup>-1</sup>

-měď (Cu) 70 g . ha<sup>-1</sup>

-molybden (Mo) 3 g . ha<sup>-1</sup>

Zásobení brambor mikroelementy pomocí kořenů rostlin není vždy uspokojivé, a to z těchto důvodů:

1. Rostliny brambor mají malý objem kořenů, který dosahuje pouze do hloubky asi 60 cm. Zhruba tři čtvrtiny kořenů se nacházejí v oblasti hrůbků, zatímco přibližně pouhá čtvrtina kořenů dosáhne do prostoru mezi hrůbků. Maximální kořenové hmoty dosahují rostliny asi dva až tři týdny po fázi kvetení.
2. Obsah živin v půdní zásobě, zvláště na lehkých půdách, je nízký (v ČR).
3. Dostupnost živin závisí na počasí. Při suchu se ve vodě rozpustné stopové prvky nedostanou k rostlinám, při vysokých srážkách dochází k jejich vymývání z kořenové zóny [13].

Pro pěstování brambor má velký význam především bór, mangan, zinek a měď. Dostupnost stopových prvků nezávisí pouze na jejich obsahu v půdě, ale především na počasí a na půdních poměrech v průběhu vegetace. Vysoká hodnota pH, dobré provzdušnění a oxidační poměry v půdě jsou faktory, které určují dostupnost rostlinám. Vzhledem k tomu je zejména v období vegetace, kdy je uvolňování stopových prvků z půdy omezeno, je vhodné zásobit rostliny hnojením na list. Pro pěstování brambor jsou obzvláště důležité tyto mikroelementy:

### **Bór**

Zejména na půdách s vysokou hodnotou pH, lehkých písčitých půdách (nebezpečí vymývání) a za sucha by se mělo dbát na zásobení rostlin bórem. Bór společně s vápníkem má velký význam pro tvorbu struktury slupky a tím i pro její pevnost. Nedostatek bóru může kromě toho podporovat rzivost dužniny.

### **Mangan**

Problémy se často vyskytují za sucha a při vysokých hodnotách pH půdy. Postiženy bývají především písčité půdy. Deficit manganu oslabuje obranyschopnost rostlin proti houbovým infekcím, zejména proti strupovitosti [14].

Rostliny bramboru mohou i při vysokém obsahu manganu v půdě trpět nedostatkem tohoto prvku. Mangan je totiž za sucha v nakypřených hrůbcích oxidován a stává se rostlinám nedostupným. Špatná dostupnost manganu v půdě může být kompenzována hnojením na list. U většiny rostlin je však velkou překážkou takového příjmu živin vosková vrstvička na listech. Pokud prvky tuto bariéru překonají, dostanou se velmi rychle do rostlinných buněk. Po voskové vrstvičce však u lilkovitých následuje další překážka –

vrstvička kutinu. Při hnojení solemi manganu (např. síranem manganatým) může anion touto vrstvičkou bez problémů difundovat. Prostupování kationtu je oproti tomu blokováno. Hnojení manganem v chelátové formě je proto účinnější, protože příjem probíhá průduchy [15].

### **Zinek**

Ohrožena jsou především stanoviště se suchými, vápenatými půdami nebo vysokým obsahem humusu. Deficit zinku se projevuje deformacemi listů, zakrslým růstem a špatným nasazováním hlíz. Symptomy deficitu zinku jsou velmi podobné symptomům deficitu manganu a mohou být snadno zaměněny.



Obr. 1. Deficit zinku u brambor

### **Měď**

Stanoviště s nedostatkem mědi jsou často písčité půdy s vysokým podílem humusu, podzolové nebo vysychavé půdy. Měď ovlivňuje u brambor stabilitu buněčných struktur a cév [14].

## 2 MOLYBDEN

### 2.1 Obecná charakteristika a chemicko-fyzikální vlastnosti

Molybden patří mezi významné esenciální kovy, které hrají nezastupitelnou úlohu v metabolismu vyšších organismů a člověka. V životním prostředí existuje v celé řadě oxidačních stavů, které jeví toxikologicky rozdílné vlastnosti. Vzhledem k antropogenní činnosti člověka dochází k postupnému nárůstu koncentrace tohoto kovu v půdách a vodních systémech, a proto je důležité jeho koncentraci sledovat [16].

Molybden je v zemské kůře zastoupen v množství 1,2 ppm. Technicky nejdůležitější rudou molybdenu je sulfid molybdeničitý  $\text{MoS}_2$  (molybdenit), dále se tento kov vyskytuje v minerálech jako wulfenit ( $\text{PbMoO}_4$ ) a powelit ( $\text{CaMoO}_4$ ) [17].

Molybden je prvkem VI.B. skupiny a vyskytuje se v přírodě v podobě řady izotopů, které omezují přesnost s jakou se dá určit jeho atomová hmotnost. Molybden má stříbrobílý lesklý vzhled a v čistém stavu je poměrně měkký, za normální teploty je na vzduchu stálý. Po zahřátí reaguje s řadou nekovů často za vzniku intersticiálních nebo nestechiometrických sloučenin. Molybden snadno podléhá alkalickému oxidačnímu tavení např. s  $\text{KNO}_3$  nebo  $\text{KClO}_3$  [17,18].

Ve složkách životního prostředí se molybden vyskytuje ve formě svého nejstabilnějšího oxidačního stavu, a to VI. Právě v tomto oxidačním stavu existují v závislosti na pH a koncentraci prvku různé druhy molybdenanových aniontů. V roztocích o pH nižším než 6 se molybdenanové ionty vyskytují ve formě kationů  $\text{MoO}_3^+$ ,  $\text{H}_3\text{MoO}_4^+$ ,  $\text{MoO}_2^{2+}$ .

V roztocích s nízkou koncentrací Mo ( $c_{\text{Mo}} \leq 1 \cdot 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}$ ) a o pH vyšším než 6 se vyskytuje molybden pouze v monomolekulárním stavu a to ve formě  $\text{MoO}_4^{2-}$  převládajícím spolu s  $\text{MoO}_2(\text{OH})_4^{2-}$  [19].

### 2.2 Toxické a esenciální vlastnosti

Intoxikace molybdenem u člověka byla pozorována jen zřídka. V Indii byla diagnostifikována vysoká incidence deformit kostí dolních končetin u obyvatelstva, které má hlavní součástí denní výživové dávky širok obsahující vysokou koncentraci molybdenu a fluoru. V tomto případě se předpokládá, že molybden zvyšuje osteoporózu vyvolanou současným zvýšeným příjmem fluoru. U dlouhodobě exponovaných osob vůči prachu kovového molybdenu a jeho oxidům byla popsána pneumokonióza, suchý kašel a dýchací bolesti [20].

Karcinogenní ani teratogenní účinek vysokých dávek molybdenu nebyl experimentálně prokázán. Mnohem většího významu nabývá esencialita molybdenu, kde je potřeba pohlížet na molybden jako na jeden z významných biologicky aktivních kovů. První důkaz o biologické úloze molybdenu byl podán ve 30. letech našeho století, kdy Bortels (1984) zjistil, že bakterie *Azobacter chroococcum* vyžaduje k asimilaci plynného dusíku v živném médiu stopy molybdenu. Biochemický význam tohoto prvku pro savce je dán jeho přítomností v enzymech xanthinoxidáza, aldehydoxidáza a sulfitoxidáza [21].

Xanthinoxidáza jako nejdůležitější enzym obsahující molybden patří k metaloproteinům a má rozhodující význam v posledním stupni katabolismu purinu na kyselinu močovou. Působí rovněž i při uvolňování železa z ferritinu. V současné době se provádí studie o vlivu molybdenu na ukládání fluoru do zubů. Požadovaný denní příjem molybdenu pro dospělého člověka je udáván hodnotou 0,2 mg. Nedostatek tohoto stopového prvku u člověka může způsobovat chorobné stavy spojené s poruchami metabolismu mědi (např. Wilsonova choroba) nebo železa (hypochromní anémie). Deficience molybdenu u rostlin se projevuje poruchami růstu, chlorózami listů – žloutnutí v důsledku narušení tvorby chlorofylu, vadnutím, poruchami při tvorbě květů [20].

### **2.3 Koncentrační zastoupení molybdenu ve složkách životního prostředí**

Molybden se dostává do životního prostředí především jako odpad při zpracování rud a z hutnického průmyslu. Jeho koncentrace se v ovzduší vyskytuje ve velmi kolísavém rozmezí hodnot. Podle amerických literárních pramenů byl v městských oblastech zjištěn obsah molybdenu v ovzduší v rozsahu  $10\text{--}30\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , v neobydlených oblastech  $0,1\text{--}3,2\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Molybden je ve značně vysokých koncentracích obsažen v hnědouhelném popílku a to v koncentračním rozsahu  $10\text{--}40\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . V lehkých topných olejích bylo nalezeno do  $0,1\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , v těžkých do  $0,52\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

V pitné vodě byl sledován obsah molybdenu v závislosti na její úpravě. Ukázalo se, že proces úpravy nemá prakticky vliv na konečný obsah prvku. Např. ve Stockholmu byl obsah Mo v surové vodě před úpravou  $4\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ , ve vodovodním řádu  $3\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ . Průměrný obsah molybdenu v pitné vodě sedmnácti švédských měst byl  $1\ \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  [21].



V minerálních vodách se koncentrace molybdenu pohybuje řádově v desetinách až jednotkách  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , v minerální vodě z rakouského vřídla Bad Gastein byly naměřeny koncentrace kolem  $13 \mu\text{g.l}^{-1}$  [16].

V naší republice bylo provedeno stanovení koncentrací molybdenu v minerálních vodách v Karlových Varech, Teplicích a Vratislavicích s výsledkem  $3,21\text{--}3,33 \mu\text{g.l}^{-1}$  [21].

V mořské vodě je průměrný obsah molybdenu velmi nízký – kolem  $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ , avšak v mořské vodě při pobřeží Japonska byly naměřeny koncentrace až  $7,7\text{--}13 \mu\text{g.l}^{-1}$  [22].

Vzhledem k esencialitě molybdenu v biochemických procesech rostlin je zřejmé, že koncentrace molybdenu v půdě je jedním z důležitých kritérií kvality půdy pro pěstování zemědělských plodin, neboť snížení rostlinám přístupného molybdenu se projevuje poklesem výnosu a kvality některých plodin. Proto se v zemědělské praxi hovoří o koncentraci rostlinám přístupného molybdenu, za kterou je považována ta část z celkového obsahu molybdenu v půdě, která se uvolní extrakcí půdy roztokem kyseliny šťavelové a šťavelanu amonného při pH 3,3. Dále se vyskytuje molybden v půdě i ve formě rostlinám nepřístupného feromolybdenanu. Extrahuje a stanovuje se tedy koncentrace rostlinám přístupného molybdenu v půdě anebo jeho celková koncentrace. Za normální celkový obsah prvku v půdě je považováno  $0,2\text{--}0,7 \text{mg.kg}^{-1}$ , za deficientní stav pod  $0,2 \text{mg.kg}^{-1}$  a za excesivní stav nad  $0,7 \text{mg.kg}^{-1}$  [21].

Vyhláška ministerstva životního prostředí udává limit max.  $5 \text{mg.kg}^{-1}$  molybdenu, a to u půd lehkých i ostatních [23].

## 2.4 Molybden v lidském organismu

Celkový obsah molybdenu v lidském těle je asi 5-10 mg. Obsah molybdenu v játrech je cca  $0,36\text{--}0,9 \text{mg.kg}^{-1}$ , v ledvinách  $0,4 \text{mg.kg}^{-1}$ , v mozku a ve svalech  $0,03 \text{mg.kg}^{-1}$ . Obsah molybdenu v krvi se pohybuje ve velmi širokém rozmezí  $0,003\text{--}0,41 \text{mg.dm}^{-3}$ . Střední koncentrace jsou  $0,01\text{--}0,07 \text{mg.dm}^{-3}$  [6]. Denní potřeba molybdenu pro člověka je 0,5 mg [1].

Molybden obsažený v potravě se resorbuje ve všech částech tenkého střeva a z části i v žaludku. Resorpce je dosti účinná (25-80 %). S výjimkou  $\text{MoS}_2$  se molybden dobře resorbuje z rozpustných (molybdenan sodný, molybdenan amonný) i málo rozpustných sloučenin (oxid molybdenový, molybdenan vápenatý). Resorpce molybdenu je

kompetitivně inhibována síranovými ionty. Z organismu je nadbytek molybdenu vylučován močí.

Resorpce, intermediární metabolismus, exkrece a fyziologické účinky molybdenu jsou silně závislé na interakcích se sloučeninami síry obsaženými v potravě a s jejich metabolity. Tyto interakce řídí retenci molybdenu v jednotlivých tkáních a určují toleranci vůči potencionálně toxickým dávkám molybdenu a účinky molybdenu na utilizaci mědi. V metabolickém antagonismu molybdenu a mědi sloučeniny síry zmírňují negativní účinky zvýšených dávek molybdenu [6].

Relativně vysokým obsahem molybdenu se vyznačují především luštěniny, a to zejména fazole, které jsou proto mimořádně významným dodavatelem molybdenu ve výživě člověka [1].

Střední obsah mají celozrnné cereálie a vnitřnosti jatečných zvířat ( $0,1 - 1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) a nízký obsah (méně než  $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) většina druhů zeleniny, ovoce, ryby, maso, mléko, mléčné výrobky a tuky .

Přiměřené a bezpečné denní dietární dávky molybdenu jsou  $15-40 \mu\text{g}$  pro děti do 1 roku,  $25-75 \mu\text{g}$  pro děti od 1 do 6 let a  $75-250 \mu\text{g}$  pro jedince starší sedmi let. Skutečné denní dietární dávky molybdenu u dospělého člověka se pohybují v rozmezí asi  $120-240 \mu\text{g}$  [6].

Protože lidský organismus potřebuje jen nepatrné množství molybdenu, tak nejsou známy případy poruch z jeho nedostatku [4]. Projevy nedostatku molybdenu jsou známy především u hospodářských zvířat, která žijí v oblastech s nízkým obsahem molybdenu v půdě a vegetaci [6].

## 2.5 Molybden v rostlinách

Molybden je esenciálním prvkem pro mikroorganismy a rostliny. Rostliny a některé mikroorganismy jsou na rozdíl od živočichů schopny z anorganických sloučenin dusíku syntetizovat všechny aminokyseliny, které jsou pravidelnými složkami bílkovin. Na těchto procesech se podílejí mimo jiné také enzymy obsahující molybden, tj. nitrogenasa a nitrátoreduktasa [6].

Z biochemického hlediska je tento prvek důležitým mikroelementem, účastnícím se řady oxidoredukčních reakcí [24].

Rostliny přijímají molybden převážně jako aniont  $\text{MoO}_4^{2-}$ . Jeho potřeba je všeobecně velmi nízká. Obsah molybdenu v sušině organické hmoty se pohybuje většinou

kolem 1mg Mo na 1kg. Sklizní 10t sušiny organické hmoty se z půdy odebírá asi 10g Mo. Relativně nejvíce molybdenu vyžadují některé brukvovité rostliny, zejména květák a růžičková kapusta a rostliny vikvovité, popř. hlízkové bakterie těchto rostlin. Přijatelnost molybdenu je vyšší na půdách zásaditých než na půdách kyselých, kde je nebezpečí vzniku těžce rozpustných oxidů. Příjem molybdenu může být inhibován ionty  $\text{SO}_4^{2-}$ , zatímco ionty fosforu příjem molybdenu stimulují. Molybden je v rostlině snadno pohyblivý, do rostliny může vstoupit jak kořeny, tak pokožkou nadzemních částí. Hromadí se hlavně ve vegetativních částech rostliny. Při dozrávání dochází ke snížení obsahu Mo v listech a jeho zvýšené translokaci do reprodukčních orgánů. Semena rostlin tak hromadí značná množství tohoto prvku, které pak může být využíváno v průběhu vegetace, a tak zcela kryt požadavky rostlin i za úplné deficiencie Mo v živném prostředí [10].

Molybden má v rostlinném organismu mimořádně vysokou fyziologickou účinnost [25], je specifickou složkou enzymu nitrátoreduktázy, a to u vyšších i nižších rostlin. Kumulace nitrátového dusíku je v rostlinách při nedostatku molybdenu podstatně vyšší, než při nedostatku jiných mikroelementů [26].

Molybden působí dále při fixaci elementárního dusíku nejen u volně žijících bakterií v půdě, ale i u symbiotických bakterií žijících v rhizosféře motýlokvětých rostlin [10].

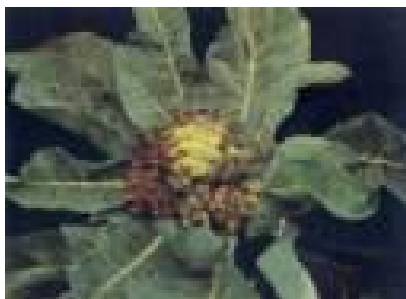
Molybden aktivně vstupuje i do dalších enzymových systémů a může aktivovat nebo inhibovat syntézu organických sloučenin v rostlinných pletivech [27].

Při nedostatku molybdenu bylo zaznamenáno snížení obsahu kyseliny askorbové u zelenin. Při hnojení 1-2kg molybdenanu amonného na hektar se naopak dvojnásobně zvýšil obsah kyseliny askorbové, zvýšil se obsah chlorofylu, karotenoidů a zvýšila se intenzita fotosyntézy. [9]

Pohyblivost molybdenu v rostlinách je spojena s hodnotou pH buněčné šťávy, s obsahem fosforu, železa a manganu a s možnostmi změn oxidačních stavů. Molybden se hromadí v kořenech rostlin. V nadzemních částech je pohyblivý, zejména během dne. V pokusech s radioaktivním izotopem  $^{99}\text{Mo}$  bylo zjištěno, že se molybden nejdříve dostává do starších listů, ale v druhé fázi se koncentruje v mladých listech.

Klasickou zeleninou reagující na nedostatek molybdenu je květák. Symptomy nedostatku se projevují chlorózou nervatury a listových čepelí. Čepele omezují růst do šířky. Vegetační vrchol odumírá a netvoří se růžice. [8] Deficiencie Mo se objevuje

nejčastěji ve středu rostliny nebo na starých listech žlutou nebo žlutozelenou barvou. Listy jsou malé a mají nekrotické tečky.



Obr. 2. Nedostatek molybdenu u kvěťáku

Toxické působení Mo není v praxi běžné. Toxicita byla pozorována až při vysokém obsahu v rostlinách. Na listech vzniká červenožlutá chloróza. Zvýšená koncentrace Mo v krmivech i potravinách je toxická pro živočichy i člověka. Vyvolává tzv. molybdenovou podagru, při níž rychle vzrůstá xantinoxidační aktivita a dochází k nervovým poruchám [10].

Podle Brunea (1995) může být molybden na rozdíl od ostatních mikroelementů přijímán rostlinami ve vysokém množství bez toxického vlivu na jejich růst a vývoj. Tolerance ke kumulaci vyššího množství molybdenu je dána schopností rostlin ho ukládat do vakuol [28].

## 2.6 Molybden v půdě

V půdě je přítomen hlavně jako komplexní aniont  $\text{MoO}_4^{2-}$ , pouze v malé míře se vyskytuje jako elementární kov. Jeho chování v půdě je proto ve srovnání s ostatními mikroelementy odlišné. V porovnání s ostatními prvky je celkový obsah molybdenu v půdě malý. V průměru se jedná o  $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Přitom půdy České republiky vykazují z 60,9% obsah vysoký (nad  $4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), 32,7% půd má obsah střední ( $1-4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a 6,4% nízký (pod  $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Molybden se v půdním prostředí vyskytuje v následujících formách:

1. **Vodorozpustný** - je dán rozpustnými ionty  $\text{MoO}_4^{2-}$  a jeho podíl v půdách může být velmi rozdílný (1-60% z celkového obsahu). Rozpustnost, a tím i pohyblivost molybdenu v půdě záleží zejména na stupni nasycení sorpčního komplexu vápníkem. Při vyšším obsahu výměnného vápníku a vápenatých humátů se pohyblivost molybdenu

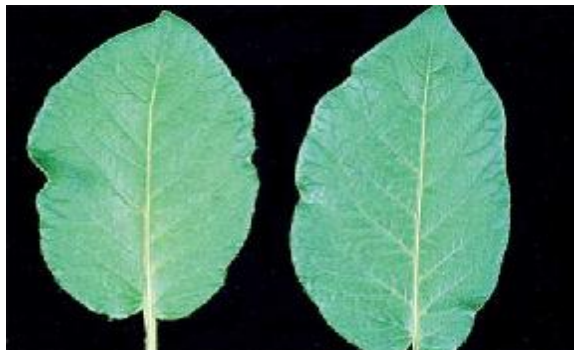
zvyšuje. Rovněž vyšší koncentrace fosfátových iontů může příznivě působit na zvýšení přístupu molybdenu.

2. **Výměnný** - představuje ionty  $\text{MoO}_4^{2-}$  vázané na povrchu půdních koloidů. Pevnost této vazby se s klesajícím pH zvyšuje, což má za následek snížení přístupu molybdenu pro rostliny v kyselých půdách. Předpokládá se, že zvyšování přístupu molybdenu v půdě se stoupající hodnotou pH je způsobeno zvýšením koncentrace  $\text{OH}^-$  iontů v půdním roztoku, které ve větší míře vytěsňují ionty  $\text{MoO}_4^{2-}$  ze sorpčního komplexu [10].
3. **Névýměnný** - molybden obsažený v nerostech (olivín, molybdenit), v hydratovaných oxidech molybdenu a v půdní organické hmotě. Z těchto půdních složek se stává přístupným po zvětrání a mineralizaci. Aniont  $\text{MoO}_4^{2-}$  tvoří zejména v kyselém prostředí málo rozpustné sloučeniny s amorfními hydroxidy železa a hliníku [11].

Pro rostliny je přijatelný především molybden rozpustný ve vodě a také určitá část molybdenu výměnného. Faktory zvyšující přístupnost  $\text{MoO}_4^{2-}$  pro rostliny jsou: vyšší koncentrace  $\text{OH}^-$  a fosforečnanových iontů, použití uhličitanových a žíravých forem vápenatých hnojiv, hnojení fosforečnými hnojivy s vodorozpustnou formou fosforu, zvýšená mineralizace organických látek v půdě [10].

## 2.7 Molybden v bramborách

Z biochemického hlediska je molybden důležitým mikroelementem, účastníkem se řady oxidoredukčních reakcí. Mimořádně vysoká fyziologická účinnost molybdenu se projevuje v dusíkatém metabolismu brambor. Molybden zasahuje u brambor také do metabolismu cukrů [24]. Molybden je specifickou složkou nitrátoreduktázy. Důsledkem nedostatku molybdenu v půdě je výrazné snížení aktivity nitrátoreduktázy, zvýšená kumulace nitrátů v rostlinách a současně snížená hladina rozpustných aminokyselin [26].



Obr. 3. Deficit molybdenu u brambor

## **3 ARSEN**

### **3.1 Obecná charakteristika**

Arsen se vyskytuje v přírodě převážně ve formě sulfidů. Nejrozšířenější formou je arsenopyrit  $\text{FeAsS}$ . Sulfidy obsahující arsen doprovázejí i sulfidy jiných kovů, především rudy stříbra, olova, niklu, mědi, antimonu, kobaltu a železa. Arsen se získává jako vedlejší produkt při zpracování těchto rud [29].

Z hlediska hygieny má význam zejména vysoký obsah arsenu v některých druzích uhlí, hlavně hnědého používaného pro energetické účely. Formy v jakých je arsen vázán v uhlí, nebyly zatím prostudovány do všech podrobností a jsou pravděpodobně velké rozdíly mezi jednotlivými ložisky. V popelu se arsen nachází ve formě arsenitanů a arseničnanů železa, mědi a vápníku. Protože arsen byl vstřebáván a vázán v některých případech ještě za života rostlin, z nichž uhlí vzniklo, je jeho menší část vázána také v organických sloučeninách, které mohou být zdrojem plynných emisí. Jak vyplývá z fyzikálně chemické povahy podmínek spalování uhlí v kotlech tepelné elektrárny, je převážná část arsenu v emisích vázána ve formě oxidu arsenitého adsorbovaného na povrchu nejjemnějších frakcí popílku [30].

### **3.2 Použití arsenu**

Arsen je součástí přípravků ke konzervaci dřeva proti houbám. Menší množství se používá ve farmaceutickém průmyslu, sklářství, pro výrobu konzervačních prostředků na kůži, otrávených vnaidel, některých herbicidů a jedů proti kobylkám. Arsenové preparáty jsou používány při výrobě pigmentů a výrobě bojových chemických látek. Elementární kovový arsen se používá při výrobě slitin. Do olova na výrobu broků se přidává pro zvýšení povrchového napětí slitiny k dosažení dokonalého kulového tvaru. Zvyšuje odolnost mědi ke korozi, zlepšuje její mechanické vlastnosti. Malé množství přidané do zlata výrazně zvyšuje jeho tvrdost a křehkost. Krystaly arsenidu galia se používají jako kvantové generátory světelného záření v laserech [31].

### **3.3 Arsen v živočišném organismu**

Otravy člověka arsenem bývají náhodné, avšak nejsou příliš vzácné. Toxicky začíná arsen působit v dávkách 30 - 50 mg, nejmenší letální dávky jsou kolem 60 - 80 mg a smrtelné dávky se pohybují v rozmezí 200 - 300 mg u dospělého člověka. Prudká otrava probíhá v důsledku paralýzy kapilár. Dochází k rychlému bezvědomí s obrnou oběhu i

dýchání. Menší dávky arsenu způsobují motorické obrny a ztrátu paměti. Arsen může způsobovat rakovinu kůže a plic.

Arsen je v malém množství pravděpodobně nezbytný pro obratlovce, protože jeho nedostatek způsobuje reprodukční poruchy. Též jeho nedostatek u koz vede k jejich srdečním problémům [32].

### **3.4 Arsen v půdě**

Průměrný obsah arsenu v zemské kůře je  $1,8 \text{ mg.kg}^{-1}$  a v půdách se pohybuje od 2 - 20  $\text{mg.kg}^{-1}$  zeminy. V půdách v okolí zdrojů znečištění, zejména dolů a hutí se mohou obsahy arsenu pohybovat okolo  $80 \text{ mg.kg}^{-1}$  [33]. Ke kontaminaci půd dochází v největším množství v okolí 1 až 2 kilometrů od zdroje znečištění. Obsah arsenu je nejvyšší ve svrchní vrstvě půdy 0 - 20 cm a směrem do hloubky klesá. Vysoké obsahy jsou v sedimentech, zvláště jílových. Nejvíce arsenu mají horniny obsahující sulfidy a uhelnou příměs. Zdrojem zamoření zemědělských půd je především popílek a odsiřovací produkty z kotelen, které byly aplikovány do půdy, nebo se tam dostávají ve formě imisí. V půdách se arsen vyskytuje hlavně ve formě arsenitanů a arseničnanů železa a hliníku, které jsou málo rozpustné, zvláště na kyselých půdách. Jsou silně sorbovány hydratovanými oxidy Fe, Al, hydroxidy, půdním humusem, jílovými minerály i kationty těžkých kovů. V suchém klimatu jsou sloučeniny arsenu v půdě prakticky nepohyblivé. Pokud není arsen adsorbován půdními organismy, může docházet k jeho biologické metylaci. Metylovaný arsen se volatilizací uvolňuje do atmosféry. Detoxikace půd obsahujících arsen je možná síranem železnatým, vápencem a vysokými dávkami fosforu [34].

Vyplavitelnost arsenu z půd je velmi malá. Stejně tak malá je i jeho vyplavitelnost z hnědouhelného popela, kde je ho obsaženo značné množství. Uvolňování arsenu do půdního roztoku závisí nejenom na formě, ve které je v půdě přítomen, ale i na řadě půdních vlastností, jako jsou množství oxidů a hydroxidů Al, Fe a Mn, dále potom na obsahu jílových částic a organické hmoty, hodnotě pH a pěstované plodině. Z celkového množství arsenu v půdě je ho pouze asi 1 % přijatelného rostlinami. Rozpustnost arsenu je dána především nízkým pH půdy. Arsen je v zemině nejpohyblivější při hodnotách pH 2,5 - 4,5. Při pH 6 už dochází k silným vazbám na hydratované oxidy železa a půdní organickou hmotu. Zatímco arseničnany zanedbatelně ovlivňují výnos, arsenitany a monometylarseničná kyselina působí silně fyto toxicky [35].

### 3.5 Arsen v rostlinách

Arsen je součástí mnoha rostlin a jeho obsah se v přirozených podmínkách pohybuje od 0,01 - 1,5 mg.kg<sup>-1</sup> sušiny [33]. Nejvyšší obsahy byly nalezeny u listových zelenin a nízké u ovoce. Toxicita se projevuje u rostlin rostoucích na haldách rudných dolů nebo při používání kontaminovaných vod k závlaze. První příznaky jsou vadnutí listů a jejich fialové zbarvení. Nejčastější příznaky toxicity jsou zpomalení růstu a snížení výnosu [10]. Toxicitu arsenu lze zmírnit aplikací vápníku nebo fosforu [36]. Arsen způsobuje také redukci růstu kořenů. Kořeny přijatý arsen poškozují jejich membrány. V důsledku toho se snižuje translokace arsenu do nadzemních částí rostlin. Čím je tedy více arsenu v kořenech, tím méně je ho potom obsaženo v nadzemních částech rostliny. Nejméně arsenu bývá zpravidla obsaženo v plodech [37].

Zvýšené množství arsenu v půdě způsobuje zvýšený příjem tohoto prvku kořeny a omezování růstu rostlin. Arsen je rostlinou přijímán ve formě  $\text{HAsO}_4^{2-}$  a  $\text{H}_2\text{AsO}_4^-$  [33].

Z rostlin je arsen hodně kumulován v obilninách ( pšenice, ječmen, oves ), zatímco v menším množství je kumulován v řepce, lnu, bramborách či krmné řepě [30]. Značné množství arsenu se vyskytuje v kapradinách [38]. Také vyšší houby se vyznačují schopností poutat zvýšené množství arsenu. Z nich jsou to zejména druhy rodu *Agaricus*. Na obsah arsenu je citlivá vojtěška, stejně jako hlízkové bakterie rodu *Rhizobium*, které žijí v symbióze s jejími kořeny i s kořeny dalších bobovitých rostlin [39]. Arsen je nezbytným prvkem pro červené řasy [40].



## **4 BRAMBORY**

### **4.1 Botanické vlastnosti brambor a anatomická skladba bramborové hlízy**

Botanicky patří brambor (*Solanum tuberosum* L.) do rodu lilek, čeledi lilkovitých (*Solanaceae*). Do rodu lilek patří také rajče, lilek jedlý, lilek černý a do čeledi lilkovitých tabák zahradní, selský a paprika roční. Kulturní brambory jsou z hlediska pěstitelského jednoletou rostlinou, která se každoročně obnovuje vegetativním množením. Bramborová rostlina je vlastně trs, jehož charakter je závislý na genotypu a podmínkách prostředí. Podle délky vegetační doby (od vysazení do fyziologické zralosti), máme odrůdy velmi rané (90-110 dnů), rané (110-120 dnů), polorané (120-130 dnů), polopozdní (130-145 dnů), pozdní (nad 145 dnů) a velmi pozdní (nad 150 dnů) [41].

#### **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. 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.

Charakteristickým znakem je křídlení na hranách stonku. Listy bramboru jsou lichospeřené. List se skládá z řapíku a čepele. Čepel je tvořena z lístků v párech (jařma) a konečného (vrcholového) lístku. Mezi jednotlivými jařmy vyrůstají na vřetenu mezilístky. Charakteristická je členitost listu určovaná počtem a velikostí lístků a mezilístků, které se buď překrývají – vzniká list uzavřený nebo se nedotýkají – vzniká list otevřený.

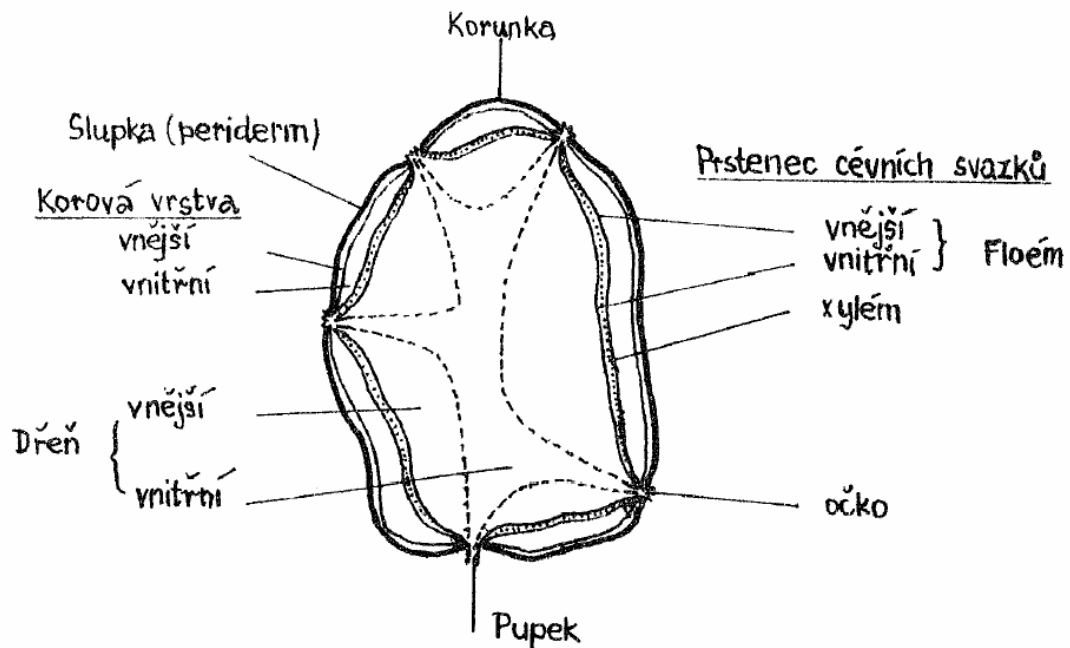
Listy jsou slabě, středně až velmi chlupaté. Květenství je dvojvijan umístěný na vrcholu stonku. Květy jsou zpravidla pětičetné, ale ve stejném květenství se mohou vyskytovat květy šestičetné a sedmičetné. V tvorbě květů se u brambory vyskytuje řada anomálií. U některých odrůd dochází k hromadnému opadu poupat, u jiných k opadu květů. Proto některé odrůdy bramboru jen zřídka nasazují plody a ještě méně je pak udrží až do úplné zralosti semen. Plodem je bobule, která obsahuje 50-100 semen. Semena jsou drobná, vejčitého tvaru, zploštělá, světle žlutě zbarvená [42].

#### **Soustava podzemních orgánů**

Kořenovou soustavu rostlin množných hlízami tvoří větší počet stonkových a stolonových kořenů, které se bohatě větví. Stolony jsou podzemní vodorovně nebo šikmo

rostoucí výhony, jejichž vrcholy se přeměňují v hlízy. Bramborová hlíza je důležitým prvkem vegetativního rozmnožování a hospodářsky nejcennější část bramborové rostliny [42].

Bramborová hlíza je zkrácený ztlustlý metamorfovaný stonek, v němž rostlina shromažďuje zásobní látky. Na hlíze rozeznáváme část pupkovou, která souvisí se stolonem, protilehlá část hlízy se nazývá korunková. Vnější obal tvoří slupka (periderm), skládající se ze z korkovatělých buněk. Je 0,15 mm tlustá. Má ochraňovat hlízy před ztrátou vlhkosti a před infekcí plísní. Zkorkovatělé buňky dávají slupce hnědé zabarvení. V této vrstvě se při poranění tvoří hojivé pletivo suberin za přítomnosti vzdušného kyslíku a nasycených mastných kyselin. Pak následuje korová vrstva, která má dvě zóny. Zóna ležící hned pod peridermem, asi 2 mm silná, je tvořena malými buňkami chudými na škrob, ale bohatými na bílkoviny. Druhou navazující zónu, sahající až k cévním svazkům, tvoří parenchymální buňky bohaté na škrob. Další je vrstva cévních svazků, na řezu hlízy zřetelně patrná jako prstenec. Je tvořena vnějším lýkem (floémem), jímž jsou vedeny organické látky a xylémem jenž zajišťuje vodní transport a vnitřním floémem. Na cévní svazky navazuje vnější dřev s 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 a na vnější straně jsou uloženy pektiny, hemicelulosa a proteiny [43].



Obr. 4. Řez bramborovou hlízou

## 4.2 Chemické složení brambor

Chemické složení bramborové hlízy je velmi pestré. Je to vysvětlitelné tím, že obsah jednotlivých složek není stálý, ale mění se řadou faktorů, z nichž je třeba uvést zejména odrůdu, půdně klimatické poměry, hnojení, pěstební agrotechniku, stupeň zralosti při sklizni, podmínky skladování apod. Mezi základní látky bramborové hlízy patří voda, škrob, cukry, dusíkaté látky, vláknina, tuk a minerální látky. Jejich procentuální obsah je uveden v tabulce V. Kromě toho obsahují ještě brambory další důležité složky, které ovlivňují jejich chuť, nutriční a biologickou hodnotu. Zde patří především vitaminy, alkaloidy, organické kyseliny a polyfenoly. 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 obou stranách cévních svazků [43].

Tab. IV. Složení bramborové hlízy podle Kronera (1971)

	<b>průměr v %</b>	<b>rozpětí %</b>
Voda	76,3	63,2 – 86,9
Sušina	23,7	13,1 – 36,8
Škrob	17,5	8,0 – 29,4
N - látky	2,0	0,7 – 4,6
Cukry celkem	0,5	stopy – 8,0
Vláknina	0,7	0,2 – 3,5
Tuk	0,1	0,04 – 0,96
Minerální látky	1,1	0,4 - 1,9
Org. kyseliny	2	1,4 – 2,9

**Voda** zaujímá v bramborové hlíze největší podíl (zhruba 76% hmotnosti) a plní v rostlině významné funkce – biosyntézu organických sloučenin, dopravu asimilátů a metabolitů a také zastává funkci teplotního regulátoru. V úzkém vztahu k obsahu vody v hlíze je tzv. voda hlízová, což je v podstatě buněčná šťáva vakuol, obsahující víceméně látky rozpustné ve vodě, které nejsou pevně vázány na buněčná tělíčka [44].

**Sušina** hlízy, jejíž obsah je ve hlíze v průměru okolo 24 %, je tvořena ze 70 % škrobem, 9,5 % tvoří dusíkaté látky, 1 % tuk, 3 % cukry, 2,5 % organické kyseliny, 2,5 %

minerální látky, 11 % připadá na balastní látky a 0,5 % tvoří vitaminy a ostatní látky. Tvorbu sušiny a škrobu příznivě ovlivňuje sluneční svit [43].

Mezi **sacharidy** obsažené v bramborové hlíze řadíme jak látky jednoduché – **monosacharidy**, tak látky složité – **polysacharidy**. Dohromady se nazývají obecně cukry [45].

**Škrob** je nejvýznamnější složkou hlízy, v níž rostlina ukládá zásobu potenciální energie. Brambory obsahují v průměru 17 % škrobu a jeho množství kolísá v našich poměrech od 13 do 24 % podle odrůdy, klimatických podmínek a agrotechniky. Škrobová zrna se nacházejí hlavně v parenchymu po obou stranách kambiálního prstence a mají elipsovitý tvar [43].

Rozměry škrobových zrn se pohybují v rozmezí 1 – 110  $\mu\text{m}$ , přičemž výjimečně byla nalezena i zrna větších rozměrů. Počet malých zrn (do 10  $\mu\text{m}$ ) je větší než velkých zrn (nad 60  $\mu\text{m}$ ) [46].

Nejvíce škrobu obsahují zpravidla středně velké hlízy. Obsah škrobu a velikost škrobových zrn mají značný význam při průmyslovém zpracování brambor. Při zpracování na potravinářské výrobky vyšší obsah škrobu snižuje náklady na sušení a spotřebu oleje při smažení.

**Neškrobové polysacharidy**, které tvoří hlavně buněčné stěny a intercelulární součásti označované jako hrubá vláknina, jsou tvořeny celulosou, hemicelulosou, pentozany a pektinovými látkami. Jejich množství je uváděno 1,40 – 3,06 % v sušině brambor. Podíl celulosy činí asi 10 – 20 %, podíl hemicelulosy obsahující uronovou kyselinu vázanou s pentozany je menší. U pentozanů se uvádí 5,5 – 8,5 % z celkových neškrobových polysacharidů.

Pektinové látky je možno rozdělit na menší podíl rozpustných (do 10 %) a větší podíl (70 – 80%) silně polymerizovaný tzv. protopektin, který se nachází v buněčných stěnách. V průběhu zrání hlízy obsah protopektinu stoupá, při skladování jeho množství klesá, s čímž souvisí rozvářivost hlíz [43].

Funkce všech výše uvedených polysacharidů spočívá v tom, že zajišťují dobré rozdělení výživy v žaludku a ve střevech a umožňují dobrou peristaltiku střev [47].

**Jednodušší cukry** ve vyzrálých a dobře skladovaných hlízách se sice nacházejí v malém množství (kolem 0,5 %), ale mají velký význam při zpracování brambor. Cukry syntetizované v listech jsou ve formě sacharosy transportovány do hlíz. Obsah cukrů výrazně ovlivňuje teplota skladování brambor, pod 10°C stoupá podíl redukujících cukrů i

sacharosy. Obsah cukrů má velký význam u potravinářských výrobků z brambor, kde nepříznivě ovlivňuje barvu, chuť i skladovatelnost výrobků. Podílí se na tom Maillardova reakce, při níž redukující cukry reagují za tepla s aminokyselinami s  $\alpha$ -aminoskupinou za vzniku hnědých meziproductů, jež přecházejí v tmavé polymerizované nerozpustné melanoidiny [43].

**Dusíkaté látky**, kterých brambory obsahují okolo 2 % jsou pro výživu lidí a zvířat velmi významné. Na bílkoviny připadá asi 30 – 50 % z celkového obsahu N-látek, z nebílkovinného dusíku tvoří volné aminokyseliny 3,4 %, amidy 36 %. Dále jsou přítomny bazické dusíkaté sloučeniny, purinové deriváty adeninu, glykoderiváty cholinu aj. Byly nalezeny i některé aminy. V hlíze je dusík rozložen nerovnoměrně. Bramborová bílkovina je po biologické stránce vysoce hodnotná. Označíme-li mléčnou bílkovinu indexem esenciality 100, tak bramborová bílkovina dosahuje hodnoty 80. To znamená, že má vyšší biologickou hodnotu než bílkovina ovsu, ječmene i pšenice a také hrachu i fazolu.

Bramborová bílkovina je tvořena převážně globuliny (tuberin), přítomné jsou i albuminy a malý podíl prolaminů a gluteinů. Při skladování se obsah dusíkatých látek výrazněji nemění, avšak jednodušší dusíkaté látky bývají často příčinou rozkladných hnilobných procesů. Vysoké dávky dusíku při hnojení plodiny mohou být příčinou zvýšeného obsahu dusičnanů [44]. Krytí denní potřeby esenciálních aminokyselin bramborami uvádí tabulka V.

*Tab. V. Krytí denní potřeby esenciálních aminokyselin bramborami (podle Míči 1997)*

<b>Aminokyselina</b>	<b>Denní potřeba v g (muž o hmotnosti 70 kg)</b>	<b>Krytí denní potřeby konzumem 300 g brambor v %</b>
Tryptofan	0,28	30
Fenylalanin	0,64	40
Lysin	0,84	36
Threonin	0,56	43
Valin	0,84	36
Methionin	0,45	22
Lucin	0,95	38
Isoleucin	0,84	39

**Lipidy**, často uváděné jako hrubý tuk, což je obvykle petroléterem vyextrahovaný podíl, obnáší u brambor asi 0,1 % a jeho největší podíl se nachází v peridermu [43].

V bramborové hlíze převládají nenasycené mastné kyseliny – linolová (50 %), linolenová (20 %), palmitová (20 %), stearová (5 %). V důsledku tohoto složení, kdy obsah nenasycených mastných kyselin je zhruba třikrát tak vysoký jako obsah nasycených, je možno očekávat, že bramborový tuk je velmi nestabilní vůči působení kyselin [49]. Uvádí se, že ranné brambory mají vyšší podíl tuku oproti bramborám pozdním [43].

Energetická hodnota tuku obsaženého v bramborových hlízách je značně vysoká, ale v důsledku jeho velmi nízkého obsahu (uvedeno výše) v původní hmotě, neovlivňuje nijak podstatně celkovou kalorickou bilanci hlíz a představuje 1,1 % z celkové energetické hodnoty hlíz [50].

**Minerální látky** (popeloviny), obsažené v bramborové hlíze představují komplex mnoha prvků. Některé literární zdroje jich uvádějí až 25. Podobně jako ostatní látky jsou i minerální látky v hlíze nerovnoměrně rozloženy. Některé minerální látky jsou esenciálními katalyzátory metabolismu v rostlině, zatímco jiné jsou v hlízách přítomny jen proto, že byly přítomny v půdním roztoku s esenciálními prvky. Při průměrné spotřebě brambor 300 g, jsou brambory schopny krýt potřebu železa z 21 %, fosforu z 9,6 %, vápníku z 3,4 % a draslíku z 80 % [51].

Biologický význam minerálních látek v bramborách spočívá v převaze složek zásadotvorných (K, Na, Ca, Mg), jež jsou zastoupeny asi ze 70 %, oproti složkám kyselotvorným (P, S, Cl, Si). Tím kontumace brambor přispívá, podobně jako konzumace ovoce a zeleniny k vyrovnání acidobazické rovnováhy v lidském organismu [43].

**Vitaminy** 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 (B<sub>1</sub>) 0,11 mg, riboflavinu (B<sub>2</sub>) 0,05 mg, pyridoxinu (B<sub>6</sub>) 0,19 mg, provitaminu A 0,03 mg. Kolísání obsahu vitamínů je odvislé od odrůdy a klimatických podmínek [43].

Největší význam má vitamín C. Nachází se hlavně v oblasti cévních svazků a v korunkové části. Při dozrávání jeho obsah klesá, rovněž tak při skladování, takže na jaře činí jeho podíl 40 – 70 % původně přítomného množství. Změny v obsahu vitamínu C značně ovlivňují způsoby přípravy brambor [52].

Uvádí se že u oloupaných brambor, uchovávaných pod vodou, dochází ke zvýšení obsahu vitamínu C biosyntézou. Ztráty při vaření činí 5 – 30 %, vysoké (až 50 %) jsou při smažení. Ztráty při průmyslové výrobě lupínků činí asi 30 %, zatímco při domácí přípravě

dvojnásobek. Při skladování sušených bramborových výrobků v dusíkové atmosféře byly však ztráty vitaminů nepatrné [43].

**Organické kyseliny**, jejich průměrný obsah v hlíze je asi 2 %. V bramborách mezi ně patří kyselina citrónová, kyselina jablečná, isocitrónová, vinná, pyrohroznová aj. Největší podíl připadá na kyselinu jablečnou a citrónovou (kolem 1 % v čerstvé hmotě). Hodnota pH u hlíz leží v hodnotách 5,6 - 6,5. Jejich obsah se během skladování mění [53].

**Glykoalkaloidy** byly dříve uváděny pod společným názvem solanin. Jsou to přirozené toxiny vyskytující se ve všech částech rostliny. Nejvyšší hladiny jsou v květech, nezralých bobulích, mladých listech, klíčcích. V hlízách je jich mnohem méně. Obsah glykoalkaloidů je ovlivněn stupněm zralosti. Nezralé hlízy mají vyšší obsah. Dále je obsah glykoalkaloidů ovlivněn klimatickými podmínkami během vegetace (v suchém, teplém období bývá zaznamenán jejich vyšší obsah), a podmínkami při skladování (osvětlení, délka, teplota). U většiny kulturních odrůd brambor se glykoalkaloidy vyskytují v rozmezí 12 – 150 mg .kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty, hygienický limit je 200 mg.kg<sup>-1</sup> podle vyhlášky 305 / 2004 Sb. Při vaření se asi 30 – 40 % glykoalkaloidů vylouží , při smažení v tuku činí ztráty 52 %. Hlavními glykoalkaloidy jsou  $\alpha$  – solanin a  $\alpha$  – chaconin, uvádí se poměr 1 :1,7. Oba představují asi 95 % celkových glykoalkaloidů v hlíze brambor [43].

**Barevné látky** (pigmenty) v dužině hlízy patří mezi karotenoidy. Dužnina brambor obsahuje u odrůd bělomasých 0,014 – 0,054 mg, u odrůd žlutomasých 0,110 – 0,187 mg karotenu na 100 g čerstvé hmoty. Rané odrůdy mají vyšší obsah karotenu než odrůdy pozdní. Bylo prokázáno že všechny karotenoidy jsou účinnými antioxidanty a u některých byl prokázán příznivý vliv na prevenci rakoviny. Vedle odrůdy obsah karotenoidů ovlivňují klimatické podmínky i stupeň zralosti. Červené nebo modré zabarvení slupky je způsobeno antokyany. Fenolové sloučeniny v bramborách způsobují hnědé až modrošedé zabarvení po rozkrájení. Kromě tyrosinu a fenolových barviv typu antokyanů, flavonů a flavolenů jsou to hlavně kyselina chlorogenová, kávová, kumarová a její deriváty [44].

Při zpracování brambor jsou významné tři druhy zabarvení:

- zabarvení způsobené enzymaticky, které se vyskytuje pouze v syrových hlízách
- tmavnutí po uvaření, které se vyskytuje po vaření brambor
- neenzymatické hnědnutí, neboli Maillardova reakce, která hraje významnou úlohu při sušení nebo smažení

Enzymatické zabarvení se vyskytuje při krájení, řezání nebo strouhání syrových brambor, tj. při všech úkonech, kdy jsou buňky v hlízách poškozeny a vystaveny působení kyslíku. Zpočátku se barví hlízy červenohnědě, později vzniká tmavohnědá barva, až

konečný výsledek je černohnědá barva produktu. Tuto reakci způsobuje oxidace tyrosinu na melanin. Reakce neprobíhá při teplotách nad 80°C a za nepřítomnosti kyslíku. Přítomnost železa podporuje průběh reakce.

Tmavnutí po uvaření je ovlivněno přítomností železa, kyseliny kávové, chlorogenové a citronové. Rovněž také pH má vliv na stupeň zabarvení. Kyselina chlorogenová vytváří se železem tři komplexy: monifenolát při pH 5,5 (zelená barva), difenolát při pH 6,5 (barva šedomodrá) a trifenolát při pH 7,5 (barva hnědá)

Neenzymatické hnědnutí vzniká při tepelné úpravě (smažení, pečení) reakcí redukujících cukrů s volnými aminokyselinami. [54]

Většina **aromatických látek** vzniká teprve při zahřívání brambor. Jedná se zejména o alkoholy, aldehydy a ketony. Vlivem některých patogenů vznikají v hlízách fytoalaxiny a mykotoxiny, které ovlivňují vůni a zdravotně nutriční hodnotu hlíz [42].



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Hnojení brambor patří k základním agrotechnickým zásahům, které rozhodují o výši výnosu. V dnešní době se stále více uplatňuje požadavek trhu, pro který je daleko důležitější kvalita bramborových hlíz na úkor kvantity.

Správnou dávkou minerálních hnojiv můžeme zásadně ovlivnit kvalitu finálního zemědělského produktu a určovat tak výživovou hodnotu a vhodnost pro další potravinářské nebo průmyslové zpracování. Součástí každého hnojiva jsou mikroelementy, které jsou nezbytné pro růst a vývoj rostlin.

Ve své práci jsem se zaměřil na vliv molybdenu a arsenu na základní chemické parametry bramborových hlíz, a to v závislosti na jejich stupňovaných dávkách do půdy.

Konkrétní cíle diplomové práce byly následující:

1. V literárním přehledu zpracovat současné poznatky o významu mikroelementů a arsenu ve výživě a biochemismu rostlin.
2. Založte nádobový pokus se stupňovanými dávkami molybdenu a arsenu. Jako indikační plodinu použít velmi rané brambory.
3. U vypěstovaných hlíz ve variantách s molybdenem provést chemické analýzy na obsah sušiny, škrobu, hrubé bílkoviny a vybraných chemických prvků.
4. U vypěstovaných hlíz ve variantách s arsenem provést chemické analýzy na obsah arsenu, dusíku a fosforu.
5. Získané výsledky statisticky vyhodit.
6. Srovnat dosažené výsledky s literaturou v daném oboru za posledních dvacet let.

## 6 METODIKA

Cílem první části práce bylo sledovat vliv stupňovaných dávek molybdenu v půdě na jakostní ukazatele bramborových hlíz

Pokus byl prováděn formou nádobového pokusu. Plastové nádoby byly umístěny v kryté vegetační hale na pokusném pracovišti Ústavu potravinářského inženýrství a chemie fakulty technologické ve Valašských Kloboukách. Do každé nádoby bylo naváženo přesně 10 kg zeminy a její agrochemická charakteristika je uvedena v tabulce č. VI.

Tab.VI. Agrochemická charakteristika půdy

<b>pH půdy a průměrný obsah základních živin (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>				
<b>pH</b>	<b>fosfor</b>	<b>sodík</b>	<b>vápník</b>	<b>hořčík</b>
6,80	33	122	2411	186
<b>Průměrný obsah mikroelementů</b>				
<b>mangan</b>	<b>měď</b>	<b>zinek</b>	<b>molybden</b>	<b>železo</b>
514,23	14,52	17,44	2,55	4634

Obsah makroprvků v půdě byl stanovován metodou podle Mehlicha III. Obsah mikroprvků byl stanovován metodou atomovou absorpční spektrofotometrií ve výluhu zeminy v koncentrované kyselině dusičné,  $c(\text{HNO}_3) = 2 \text{ mol.dm}^{-3}$  [55]. pH půdy bylo stanovováno ve výluhu chloridu draselného,  $c(\text{KCl}) = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$  [56].

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

- ◆ 400 mg N ve formě síranu amonného
- ◆ 380 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve formě trojitého superfosfátu
- ◆ 520 mg K<sub>2</sub>O ve formě K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Výsadba brambor byla provedena 20.4.2006 po jedné hlíze na nádobu do hloubky 8 cm. Jako indikační plodina byly použity velmi rané brambory odrůdy KOMTESA. Každá varianta byla 6x opakována. Do pokusu byly zařazeny varianty se stupňovanými dávkami molybdenu podle následujícího schématu (Tabulka VII).

Tab.VII. Schéma pokusu – čísla variant a jim odpovídající přídavek molybdenu do půdy v  $\text{mg.kg}^{-1}$  zeminy

Číslo varianty	Použitý přídavek Mo do půdy
1	kontrola
2	2 $\text{mg Mo.kg}^{-1}$
3	5 $\text{mg Mo.kg}^{-1}$
4	10 $\text{mg Mo.kg}^{-1}$

Stupňované dávky molybdenu vycházely z limitních obsahů v půdách (podle vyhlášky 13/1994 Sb.) [23].

Aplikace stupňovaných dávek molybdenu byla provedena 14 dní před výsadbou brambor, a to ve formě molybdenanu amonného, který byl rozpuštěn v minimálním množství koncentrované HCl, která byla následně zředěna v destilované vodě.

V průběhu vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin. Proti plísni bramborové byly rostliny ošetřeny postřiky podle metodik a signalizace ÚKZÚZ. Dále byla prováděna pravidelná zálivka, kypření, přihnutí zeminy k rostlinám a likvidace plevelů.

Sklizeň hlíz proběhla po 90 dnech vegetace, kdy jsou v konzumní zralosti. Po důkladném umytí byly hlízy z každé nádoby spočítány a zváženy. Po následné oloupání byly prováděny chemické analýzy dužniny bramborových hlíz z jednotlivých variant, a konkrétně byly stanovovány tyto jakostní ukazatele:

1. Stanovení sušiny – vysušením při  $105^{\circ}\text{C}$  do konstantní hmotnosti.
2. Stanovení škrobu - metodou podle Ewarse [57].
3. Stanovení hrubé bílkoviny – byla stanovena jako celkový dusík (metoda podle Kjeldala) a přepočtena koeficientem 6,25 (koeficient pro brambory) [58].
4. Stanovení fosforu – pro stanovení fosforu byla provedena mineralizace sušiny bramborových hlíz ve směsi koncentrované  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 30% peroxidu vodíku ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Obsah fosforu v mineralizátu byl proměřen kolometricky pomocí vanadičnanové metody [56].
5. Molybden – stanovení obsahu tohoto kovu bylo provedeno mikrovlnou mineralizací. Obsah molybdenu v mineralizátu byl proměřen metodou atomové absorpční spektrofotometrie [56].

Cílem druhé části práce bylo sledovat obsah arsenu, dusíku a fosforu v bramborových hlízách vypěstovaných na půdách se stupňovanými dávkami arsenu. Aplikace stupňovaných dávek arsenu byla provedena 14 dní před výsadbou brambor, a to ve formě oxidu arsenitého, který byl rozpuštěn v minimálním množství 25 % NaOH.

Pokusy byly prováděny za stejných podmínek jako u pokusů s molybdenem včetně stanovení dusíku a fosforu. Stejná byla také agrochemická charakteristika zeminy. Pro stanovení arsenu byly hlízy usušeny, homogenizovány, mineralizovány spálením při 450 °C a popel byl rozpuštěn v c (HCl) = 6 mol.dm<sup>-3</sup>. [56]. Do pokusu byly zařazeny stupňované dávky arsenu, přičemž dávka arsenu byla aplikována podle následujícího schématu.

*Tabulka VIII. Schéma pokusu – čísla variant a jim odpovídající přídavek arsenu do půdy v mg.kg<sup>-1</sup> zeminy.*

<b>Číslo varianty</b>	<b>Použitý přídavek As do půdy</b>
1	kontrola
2	4,5 mg As.kg <sup>-1</sup>
3	30,0 mg As.kg <sup>-1</sup>
4	60,0 mg As.kg <sup>-1</sup>
5	120,0 mg As.kg <sup>-1</sup>

Výsledky chemických analýz byly zpracovány statisticky metodou analýzy variance (ANOVA). Pro vyhodnocení průkaznosti rozdílů byl použit Tukayův test při 5 % hladině významnosti [59].

## 7 VÝSLEDKY

### 7.1 Výnosové parametry u bramborových hlíz s přidavkem Mo

Průměrná hmotnost bramborových hlíz a jejich průměrný počet v jednotlivých variantách jsou uvedeny v tabulce v přílohové části (Tab. P.I.). Kvůli lepší přehlednosti jsou výsledky výnosů znázorněny také v grafu (Graf P.I. a Graf P.II.).

Stupňované dávky molybdeny měly vliv na průměrnou hmotnost bramborových hlíz. Se stupňovanými dávkami molybdeny v půdě se výrazně snižovala průměrná hmotnost hlíz. Byly zjištěny rozdíly mezi jednotlivými variantami, statistická průkaznost se však neprokázala. Zatímco u kontroly bylo v průměru vypěstováno 449,5 g brambor na jednu nádobu, u varianty s 2 mg Mo.kg<sup>-1</sup> zeminy to bylo jen 336 g (tj. snížení o 25 %). U varianty, kde bylo zvoleno množství přidaného molybdeny do půdy na úrovni 5 mg Mo.kg<sup>-1</sup>, už byl výnos snížen o 33 % a u nejvyšší dávky molybdeny, tj. 10 mg.kg<sup>-1</sup> byl výnos snížen dokonce o 56 % ve srovnání s kontrolní variantou.

Se zvyšující se dávkou molybdeny v půdě klesal nejenom výnos, ale také průměrný počet hlíz připadající na jednu rostlinu. Avšak také zde nebyla prokázána statistická průkaznost ve srovnání s kontrolní variantou. U kontrolní varianty byl zjištěn průměrný počet hlíz 11,83 na nádobu, u varianty s nejnižší dávkou molybdeny to bylo 11 ks, tzn. pokles činil 7 %, což ještě není tak jednoznačný pokles a tato hodnota se dá považovat za zcela nezanedbatelnou. Avšak se zvyšující se dávkou molybdeny se průměrný počet hlíz snižoval již významněji. Nižší průměrné počty hlíz vykazovaly varianty s přihnojením 5 a 10 mg Mo.kg<sup>-1</sup> zeminy, a to hodnoty nižší o 25,4 % resp. 43,7 % ve srovnání s kontrolní variantou.

### 7.2 Obsah sušiny v bramborových hlízách s přidavkem Mo

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

Obsah sušiny v hlízách brambor se pohyboval v rozpětí 22,12 % až 25,6 %. Rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou činil 3,48 %. Nejvyšší obsah sušiny v hlízách brambor byl stanoven u varianty s přidavkem 10 mg Mo.kg<sup>-1</sup> zeminy. Nejnižší obsah sušiny byl stanoven u varianty bez přihnojení molybdenem. Ale již přihnojením 2 mg Mo.kg<sup>-1</sup> se obsah sušiny v hlízách zvýšil o 10 %, tj. na 24,52 %. Ovšem další zvýšená dávka přídatku molybdeny do půdy (5 mg Mo.kg<sup>-1</sup>) snížila průměrný obsah sušiny

v hlízách téměř na hodnotu, kterou vykazovala varianta kontrolní. Obsah sušiny zde činil 22,33 %, což je zvýšení o 1 % oproti kontrolní variantě, kde nebylo použito přídatku molybdenu do půdy.

Statistická průkaznost vlivu molybdenu na obsah sušiny v dužnině hlíz brambor se prokázala u všech variant.

### **7.3 Obsah škrobu v bramborových hlízách s přídatkem Mo**

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

Stupňované dávky molybdenu se na obsahu škrobu v bramborových hlízách projeví poměrně nejednoznačně. U kontrolní varianty byl průměrný obsah škrobu v čerstvé hmotě naměřen na úrovni 14,35 %. Přihnojení 2 mg Mo.kg<sup>-1</sup> zeminy se projevílo zvýšením průměrného obsahu škrobu v čerstvé hmotě na hodnotu 16,78 %, což představuje zvýšení o 17 %. Ovšem dalším zvýšením přídatku molybdenu do půdy (5 mg.kg<sup>-1</sup>) se průměrný obsah škrobu v hlízách oproti kontrolní variantě zvýšil pouze o 2,5 % což představuje velmi nevýrazné zvýšení. Další zvyšování obsahu molybdenu v půdě už však vedlo opět ke zvýšení obsahu škrobu v čerstvé hmotě u bramborových hlíz. Přesně se jednalo o zvýšení o 14,6 %, což zhruba koresponduje s hodnotou u varianty s nejnižším přídatkem molybdenu do půdy. Statistická průkaznost vlivu molybdenu na obsah škrobu v čerstvé hmotě nebyla prokázána u žádné z variant.

### **7.4 Obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách s přídatkem Mo**

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

Pro vyjádření obsahu hrubé bílkoviny v g.100 g<sup>-1</sup> sušiny bramborových hlíz byla provedena chemická analýza na obsah dusíku ( v % sušiny). Obsah hrubé bílkoviny v rostlinném materiálu byl stanoven vynásobením zjištěného množství dusíku koeficientem 6,25 (viz kapitola 4 Metodika)

V kontrolní variantě byl naměřen průměrný obsah 1,14 g hrubé bílkoviny na 100 g sušiny. Stupňované dávky molybdenu zapříčiňovaly nejprve výrazné zvýšení průměrného obsahu hrubé bílkoviny, ovšem se zvyšujícími se dávkami molybdenu obsah hrubé

bílkoviny klesal. K velmi zajímavému výsledku vedl chemický rozbor bramborových hlíz, které byly vypěstovány na půdě s přihnojením molybdenem  $2 \text{ mg Mo.kg}^{-1}$  zeminy, kdy průměrný obsah činil  $1,49 \text{ g}$  hrubé bílkoviny na  $100 \text{ g}$  sušiny. Zde se jednalo o navýšení  $30,7 \%$  oproti kontrolní variantě. Toto zvýšení bylo statisticky průkazné oproti všem ostatním variantám, dokonce i ve srovnání s variantou kontrolní.

U varianty s přihnojením  $5 \text{ mg Mo.kg}^{-1}$  zeminy se však obsah hrubé bílkoviny snížil na úroveň kontrolní varianty. Naměřená hodnota zde činila  $1,16 \text{ g}$  na  $100 \text{ g}$  sušiny, tj. navýšení o  $1,75 \%$  oproti kontrolní variantě, vůči které také nebyl statistický rozdíl prokázán. U varianty s přidavkem  $10 \text{ mg Mo.kg}^{-1}$  zeminy se dále projevovala tendence ke snižování průměrného obsahu hrubé bílkoviny v sušině bramborových hlíz. Průměrný obsah hrubé bílkoviny zde dosáhl hodnoty  $1,02 \text{ g}$  na  $100 \text{ g}$  sušiny, což představuje snížení o  $10,5 \%$  oproti kontrolní variantě, avšak ani mezi těmito dvěma variantami nebyl rozdíl statisticky významný.

## **7.5 Obsah fosforu v bramborových hlízách s přidavkem Mo**

Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohové části v tabulce (Tab. P.V.). Pro lepší přehlednost jsou získané výsledky znázorněny také v grafu (Graf P. VI.).

V kontrolní variantě bylo dosaženo průměrného obsahu  $0,52 \%$  fosforu v sušině. Nejnižší přidavek dávky molybdenu do půdy, tj. varianta s  $2 \text{ mg.kg}^{-1}$ , zapříčinil nejvyšší průměrný obsah fosforu v sušině, a to  $0,63 \%$ , což představuje navýšení o  $21 \%$  oproti kontrolní variantě, které ale nebylo statisticky průkazné. U varianty s  $5 \text{ mg Mo.kg}^{-1}$  zeminy se už však průměrný obsah fosforu snížil na  $0,41 \%$  v sušině, což je snížení o  $21 \%$  oproti variantě, kde nebylo použito přihnojení molybdenem. Varianta s nejvyšší dávkou molybdenu vykazovala přibližně stejnou hodnotu ( $0,42 \%$ ) jako varianta předchozí. Výše uvedené výsledky nebyly statisticky průkazné.



## 7.6 Obsah molybdenu v bramborových hlízách s přídatkem Mo

Průměrný obsah molybdenu v bramborových hlízách získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohové části v tabulce (Tab. P. VI.). Pro lepší přehlednost jsou získané výsledky znázorněny také v grafu (Graf P. VII.).

Vliv stupňovaných dávek molybdenu do půdy na jeho obsah v čerstvé hmotě byl statisticky vysoce významný. V kontrolní variantě bylo obsaženo  $0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$  molybdenu v čerstvé hmotě. Přihnojením  $2 \text{ mg. Mo. kg}^{-1}$  zeminy se již však obsah molybdenu v čerstvé hmotě zvýšil na  $0,026 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Také varianta s přihnojením  $5 \text{ mg Mo.kg}^{-1}$  zeminy přinesla zvýšení obsahu molybdenu v čerstvé hmotě, a to na hodnotu  $0,051 \text{ mg.kg}^{-1}$ , což představuje zvýšení 510 % oproti kontrolní variantě. Varianta s nejvyšším přídatkem molybdenu do půdy vykazovala nejvyšší hodnoty molybdenu v čerstvé bramborové hmotě. Zde bylo dosaženo hodnoty  $0,145 \text{ mg.kg}^{-1}$ , což představuje zvýšení dokonce o 1450 % oproti kontrolní variantě, ve které nebyl použit přídatkem molybdenu do půdy. Všechny výše uvedené výsledky byly statisticky významné.

## 7.7 Obsah arsenu v bramborových hlízách s přídatkem As

Průměrný obsah arsenu v bramborových hlízách získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohové části v tabulce (Tab. P.VII.) Pro lepší přehlednost jsou získané výsledky znázorněny také v grafu (Graf P. VIII.).

Se vzrůstajícím množstvím arsenu v půdě vzrůstal i obsah arsenu v bramborových hlízách. V kontrolní variantě, kde nebylo použito přídatku arsenu do půdy, bylo naměřeno  $0,0061 \text{ mg As.kg}^{-1}$  v čerstvé hmotě. V další variantě, kde byl přídatkem  $4,5 \text{ mg As.kg}^{-1}$  do půdy se množství arsenu v hlízách zvýšilo na  $0,0082 \text{ mg As.kg}^{-1}$  v čerstvé hmotě, což se jedná o navýšení obsahu arsenu o 34,5 % vůči kontrolní variantě. Statistická průkaznost mezi těmito dvěma variantami však prokázána nebyla.

U varianty s přídatkem  $30 \text{ mg As.kg}^{-1}$  již došlo k prudkému navýšení obsahu arsenu v hlízách, které bylo již statisticky průkazné. Naměřená hodnota byla o 700 % vyšší oproti kontrolní variantě. Také u dalších variant docházelo k rapidnímu zvyšování obsahu arsenu v hlízách. Varianta s přihnojením  $60 \text{ mg As.kg}^{-1}$  vykazovala navýšení obsahu arsenu v hlízách o 823 % oproti variantě kontrolní. Poslední varianta s přídatkem  $120 \text{ mg As.kg}^{-1}$  do půdy vykazovala dokonce zvýšení obsahu arsenu v hlízách o 6 387 % vůči kontrolní variantě. Naměřená hodnota zde dosáhla  $0,3896 \text{ mg As.kg}^{-1}$  v čerstvé hmotě.

Vliv stupňovaných dávek arsenu na obsah arsenu v bramborových hlízách byl tedy zcela jistě prokazatelný, což dokázala také statistická průkaznost u posledních tří variant.

## **7.8 Obsah dusíku v bramborových hlízách s přidavkem As**

Průměrný obsah dusíku v sušině bramborových hlíz získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohové části v tabulce (Tab. P. VIII.). Pro lepší přehlednost jsou získané výsledky znázorněny také v grafu (Graf P. IX.).

V kontrolní variantě bylo naměřeno 7,331 % dusíku v sušině. Varianta s přihnojením 4,5 mg As.kg<sup>-1</sup> způsobila zvýšení obsahu dusíku v sušině o 11 % oproti kontrolní variantě. V další variantě pokusu, a to s přihnojením 30 mg As.kg<sup>-1</sup>, se však průměrný obsah dusíku v sušině snížil na hodnotu 7,181 %, což představuje snížení o 2 % oproti variantě kontrolní. Ovšem již v další variantě pokusu, kde bylo přihnojení 60 mg As.kg<sup>-1</sup> se opět průměrný obsah dusíku v sušině zvýšil, a to na hodnotu 8,038 %. U varianty s přihnojením 120 mg As.kg<sup>-1</sup> bylo dosaženo nejvyššího obsahu dusíku v sušině, a to 9,206 %, což představuje navýšení o 25 % oproti kontrolní variantě, ve které nebylo použito přihnojení arsenem. Statistická významnost u výše uvedených výsledků nebyla prokázána

## **7.9 Obsah fosforu v bramborových hlízách s přidavkem As**

Průměrný obsah fosforu v sušině bramborových hlíz získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v přílohové části v tabulce (Tab. P IX). Pro lepší přehlednost jsou získané výsledky znázorněny také v grafu (Graf P. X.).

Obsah fosforu v sušině hlíz brambor se pohyboval v rozmezí od 0,254 do 0,286 %. Maximálního obsahu fosforu bylo dosaženo u varianty, kdy bylo použito přídatku 4,5 mg As.kg<sup>-1</sup> zeminy. Minimální obsah fosforu byl při analýzách zjištěn u hlíz, které byly pěstovány na půdě s koncentrací arsenu 60 mg.kg<sup>-1</sup> zeminy. U kontrolní varianty, kde nebylo použito přihnojení arsenem, byl naměřen obsah fosforu v sušině 0,267 %. Téměř stejná hodnota byla také naměřena u varianty s přihnojením 30 mg As.kg<sup>-1</sup>. Ve variantě, kde bylo použito nejvyššího přihnojení arsenu do půdy, tedy 120 mg As.kg<sup>-1</sup> zeminy, dosáhl výsledek hodnoty 0,279 % fosforu v sušině hlíz brambor. Zjištěné výsledky nebyly statisticky průkazné.

## 6 DISKUSE

Cizorodé látky, zejména těžké kovy, patří mezi abiogenní prvky, které se mohou v životním prostředí hromadit ve značném množství a jejich odstranění z něj je doposud velmi složité. Mezi závažné problémy patří akumulování těžkých kovů v půdě, odkud může následovně docházet k dalšímu přenosu těchto látek do potravního řetězce. Toxicita těžkých kovů je dána mimo jiné tím, jak je organismus tolerantní k působení těžkých kovů. Většinou jsou však těžké kovy stresovým faktorem vyvolávajícím různé fyziologické změny s následnou inhibicí, ať už růstu u rostlin či enzymů u živočichů, až jejich smrtí. Z hlediska pohybu těžkých kovů v potravinách je důležité sledovat vazbu mezi nutričními hodnotami a kritérii zdravotní nezávadnosti.

Výnos a kvalitu rostlin může negativně ovlivňovat antropogenní činnost, především v podobě imisí v blízkosti průmyslových center. Je důležité si uvědomit, že výnosové parametry jsou rozhodujícím kritériem, ale významným ukazatelem kvality je také koncentrace cizorodých látek v částech rostlin používaných ke konzumaci. Tato koncentrace nesmí překračovat dané limitní hodnoty hygienických norem [60].

Zvyšování množství arsenu v půdě zvyšovalo v mém pokusu i jeho obsah v bramborových hlízách. Podle Allowaye (1990) je příjem cizorodých prvků rostlinou závislý na druhu pěstované plodiny a jeho obsah v různých částech rostliny je jiný [61]. Podle Sawerta et al. (1987) nadzemní části rostlin obsahují vyšší množství cizorodých prvků než hlízy. Nadzemní části brambor obsahují 19x více arsenu než hlízy. Znamená to potěšitelný fakt, že v hlízách, které slouží ke konzumu se kumuluje mnohem menší množství rizikových prvků [62]. Také Queirolo et al. (2000) poukazuje na fakt, že v hlízách je z celé bramborové rostliny obsaženo nejnižší množství cizorodých prvků [63]. Průměrný obsah arsenu v rostlinách se pohybuje mezi 0,01 – 1,5 mg.kg<sup>-1</sup> sušiny [52]. V hlízách udává Bokyouang (1994) průměrný obsah arsenu 0,035 mg.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty [64]. Obsah arsenu v hlízách z našeho pokusu této hodnoty zdaleka nedosahoval jak u kontrolní varianty, tak ani u varianty s nejnižší kontaminací zeminy arsenem. Se stupňujícími se dávkami arsenu však docházelo k výraznému překročení v literatuře uvedeného množství. Zvyšující se množství arsenu v půdě v mém pokusu zvyšovalo množství tohoto prvku v hlízách brambor. Tato závislost byla prokázána i statisticky. Podle Ropa (1999), který se zabýval příjmem kadmia, arsenu a berylia rostlinami brambor se v nadzemních částech rostlin ukládá větší množství cizorodých látek než v hlízách určených

pro konzum [65]. Všeobecně také platí, že nejvyšší koncentrace cizorodých látek se vyskytují v malých hlízách. Čím větší hlíza je, tím více koncentrace těchto látek klesá [66].

Hlušek a Richter (1992) zkoumali vliv těžkých kovů na koncentraci důležitých prvků v bramborech. Výsledkem jejich práce byl závěr, že se vzrůstajícím množstvím těžkých kovů, klesá množství dusíku a fosforu v nadzemních částech brambor. V případě hlíz byl obsah dusíku a fosforu ovlivněn až při velmi vysokých koncentracích těžkých kovů [67]. V mém pokusu se obsah dusíku se vzrůstajícími se dávkami arsenu do půdy postupně zvyšoval. Při přihnojení 120 mg As.kg<sup>-1</sup> se obsah dusíku zvýšil o 25,5 % oproti variantě, kde nebylo použito přihnojení arsenem. Také při sledování obsahu fosforu v hlízách došlo ke změnám. Nejprve se obsah fosforu zvýšil u varianty s přídatkem 4,5 mg As.kg<sup>-1</sup>, poté se však u dalších dvou variant (přídatek 30, 60 mg As.kg<sup>-1</sup>) obsah fosforu v sušině snižoval. V poslední variantě, kde byl přídatek 120 mg As.kg<sup>-1</sup> zeminy se už však opět obsah fosforu v sušině zvýšil a dosáhl o něco vyšší hodnoty než u varianty kontrolní. Výše uvedené výsledky nebyly statisticky průkazné.

Karam (1998) vyhodnocoval růst rostlin, výnos hlíz a koncentraci Sn, As, Cu, Zn, Ni, Pb, Mn, Cd, Fe ve výhoncích a hlízách brambor vypěstovaných na půdě s přídatkem kompostu z veřejných skládek. Měřením zjistil zvýšený obsah všech kovů v substrátu a také u výhonků a hlíz, prokázalo se však, že tato množství kovů obsažená v hlízách brambor nepřesahují hodnoty, které by mohly být zdraví škodlivé [68].

Při zvýšení hladiny cizorodých prvků v půdě, dochází k výraznému zvýšení jejich koncentrace v rostlině, někdy i nad povolenou hranici. Grupe a Weichmann (1985) zjistili, že příjem cizorodého prvku není pravděpodobně v korelaci s jejich celkovým obsahem v půdě. Podle těchto autorů závisí přijaté množství na půdní frakci [69]. Hani a Gupta (1983) uvádějí, že vliv vlastností půdy na schopnost vázat cizorodé prvky je velmi variabilní [70]. Obsah cizorodých prvků v půdě a jejich příjem rostlinami je ovlivňován pH půdy, obsahem jílu, výměnnou kationtovou kapacitou, obsahem humusu a hydratovanými oxidy [71].

I když brambory patří ve vztahu k cizorodým prvkům k rostlinám odolným, jejich pěstování na kontaminovaných půdách s sebou přináší rizika zvýšeného obsahu cizorodých prvků v hlízách. Proto je třeba hledat cesty, jak tyto prvky v půdě imobilizovat a omezit tak jejich příjem a ukládání v hospodářsky významných orgánech.

Adamec (1991) vidí cestu k imobilizaci cizorodých prvků v pravidelném hnojení chlévským hnojem a úpravě půdní reakce adekvátním vápněním [72]. Na udržování půdní

reakce a obsah organické hmoty klade důraz také Maier et al.(2002) [73]. Podobně i další autoři upozorňují na význam vápnění při snižování přístupnosti cizorodých prvků pro rostliny (Smith, 1994) [74]. Haase (1998) uvádí, že kontaminované půdy je možno čistit i biologicky, pomocí rostlin, které mají schopnost kumulovat ve značném množství cizorodé prvky, např. kadmium je kumulováno druhem *Polygonum sachalinense* [75].

Jednou z možností, jak lze ovlivnit nejen výnosové parametry a kvalitu rostlin, ale i chemické vlastnosti a složení půd, je aplikace hnojiv. Mezi nejdůležitější prvky obsažené v hnojivech patří dusík, fosfor a draslík (tzv. NPK – hnojiva). Množství dusíku ovlivňuje především výnos rostlin. Je důležitou složkou chlorofylu a stavebním kamenem aminokyselin. Dusík je součástí pyrimidinových a purinových bází a zasahuje do metabolismu katalytických látek. Fosfor zastává v rostlinách funkci energetickou a stavební. Tvoří vazbu s cukry o energii několika  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Mezi nejvýznamnější patří především ATP. Dále je součástí mnoha enzymů (FAD, NADPH, CoA), fosfolipidů atd. Draslík je důležitým prvkem pro životní pochody rostlin. Jeho funkce spočívá ve vlivu na dělení a růst buněk, dále ovlivňuje fotosyntézu a dýchání, látkovou výměnu glycidů a dusíkatý metabolismus. Draslík působí také na vodní režim tím, že ztěžuje výdej vody. Mezi další prvky důležité pro výživu rostlin patří vápník, síra, hořčík, železo, mangan, zinek, měď, kobalt, bor, molybden [76].

Podle výsledků měření Roinily (2003) se zjistilo, že aplikace vysokého množství minerálních hnojiv zvyšuje koncentraci dusíkatých látek v bramborech [77]. Podle výsledků mého měření se však obsah dusíkatých látek zvýšil jen u varianty, kde došlo k přihnojení  $2 \text{ mg Mo}\cdot\text{kg}^{-1}$  zeminy. U varianty s přidavkem  $5 \text{ mg Mo}\cdot\text{kg}^{-1}$  zeminy došlo k minimálnímu zvýšení obsahu dusíkatých látek, a to o 2 %. U poslední varianty s přihnojením  $10 \text{ mg Mo}\cdot\text{kg}^{-1}$  došlo ke snížení obsahu dusíkatých látek o 12 % oproti variantě kontrolní.

Roinila (2003) také uvádí, že brambory hnojené minerálním hnojivem obsahují nižší množství sušiny [77]. Avšak po vyhodnocení mých výsledků jsem zjistil, že stupňované dávky molybdenu zvyšují obsah sušiny v hlízách brambor, což se potvrdilo také statisticky.

Výše uvedený autor však nezjistil rozdíl mezi obsahem škrobu v bramborech pěstovaných na půdách s minerálním a organickým hnojivem [77]. V našem pokusu se obsah škrobu v čerstvé hmotě se stupňovanými dávkami molybdenu zvyšoval, avšak po vyhodnocení výsledků mého měření toto zvýšení nebylo statisticky významné. Nautiyal

(2005) při pokusech se stupňovanými dávkami molybdeny do půdy při pěstování cizrny došel k závěru, že stupňované dávky molybdeny snižují obsah škrobu v cizrně [78].

Stupňované dávky molybdeny v půdě v mém pokusu neovlivnily statisticky průkazně počet a hmotnost hlíz. Přesto však byl počet hlíz nejvyšší v kontrolní variantě a přibývajícemi dávkami molybdeny do půdy postupně počet hlíz klesal.. Také u hmotnosti hlíz se tento klesající trend potvrdil. Podle Nastase (1991), který také prováděl pokus se stupňovanými dávkami molybdeny do půdy při pěstování brambor, se výnos se zvyšujícími se dávkami molybdeny do půdy snižuje [79].

Při sledování obsahu hrubé bílkoviny jsem zjistil, že její obsah se s přidavkem 2 mg Mo.kg<sup>-1</sup> zeminy zvýšil o 30,7 %. Ovšem s dalšími stupňovanými dávkami molybdeny do půdy se již obsah hrubé bílkoviny v hlízách začal snižovat a v poslední variantě, tj. přidavek 10 mg Mo.kg<sup>-1</sup> zeminy byl obsah hrubé bílkoviny dokonce nižší o 10,5 % oproti variantě kontrolní. Mondí a Munschi (1993) zkoumali vliv stupňovaných dávek molybdeny na dusičnany a glykoalaloidy v hlízách brambor. V jejich pokusu stupňované dávky molybdeny ve všech úrovních snižovaly obsahy dusičnanů [80]. Nautiyal (2005) zjistil, že při pěstování cizrny na půdě obohacené molybdenem dochází k úbytku obsahu bílkovin v cizrně [78]. Devi (1999) ovšem poukazuje na zvýšení obsahu bílkovin v brukvi, pěstované na půdě s přidavkem molybdeny [81].

K přibližně stejným výsledkům jako u stanovení obsahu hrubé bílkoviny jsem dospěl také u sledování obsahu fosforu v sušině. Také zde přihnojení 2 mg Mo.kg<sup>-1</sup> zeminy vyvolalo zvýšení obsahu fosforu v sušině (o 21 %) ve srovnání s kontrolní variantou. Ale také zde se se stupňujícími dávkami molybdeny do půdy začal obsah fosforu v sušině snižovat a další dvě varianty vykázali o 20 % nižší obsah fosforu, než se nacházel ve variantě kontrolní. Také Williams (2004) zjistil, že při pěstování révy vinné na půdě obohacené přidavkem molybdeny dochází ke snížení obsahu fosforu v sušině [82].

Statisticky vysoce významný byl v mém pokusu vliv stupňovaných dávek molybdeny na jeho ukládání v bramborových hlízách. Jak udává Kaiser (2005), molybden je rostlinami obecně velmi dobře přijímán, zvláště při jeho zvýšeném množství v prostředí [24]. Průměrné obsahy molybdeny jsou u rostlin do 1 mg.kg<sup>-1</sup> sušiny [33], což se potvrdilo i v mém pokusu. Se zvyšujícími se dávkami molybdeny do půdy se značně zvyšoval také jeho obsah v čerstvé hmotě. Ve variantě s přihnojením 10 mg Mo.kg<sup>-1</sup> se jednalo o navýšení obsahu molybdeny v čerstvé hmotě o 1 450 %. Tyto výsledky potvrzuje mnoho autorů. Nastase (1991) také zjistil, že brambory pěstované na půdě s přidavkem molybdeny

zvyšují jeho obsah v hlízách [79]. Lopez (1996) v pokusech s fazolemi pěstovanými na půdách obohacených molybdenem zjistil zvýšený obsah molybdenu v sušině fazolí [83].

## 7 ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo sledovat vliv stupňovaných dávek molybdenu a arsenu na výnos a jakostní ukazatele bramborových hlíz. Problematika byla řešena formou nádobového pokusu, kde byly použity tři rozdílné dávky molybdenu a čtyři rozdílné dávky arsenu do půdy.

Stupňované dávky molybdenu měly následující vliv na výnos a jakost bramborových hlíz:

- 1) Každé zvýšení množství molybdenu v půdě znamenalo nižší výnos bramborových hlíz, což se však statisticky nepotvrdilo. Snižoval se také počet hlíz vytvořených jednou rostlinou.
- 2) Stupňované dávky molybdenu statisticky významně zvyšovaly obsah sušiny.
- 3) Přídavek molybdenu do půdy se statisticky průkazně neprojevil ve zvyšování škrobu v čerstvé hmotě bramborových hlíz.
- 4) Při přepočtení obsahu dusíku na hrubou bílkovinu a po jejím vyjádření v  $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny bramborových hlíz se statisticky významně neprojevil pozitivní vliv molybdenu na syntézu hrubé bílkoviny. Statisticky průkazné zvýšení oproti všem ostatním variantám nastalo pouze u varianty s přihnojením  $2 \text{ mg Mo} \cdot \text{kg}^{-1}$  zeminy.
- 5) Stupňované dávky molybdenu v půdě měly statisticky průkazný vliv na zvyšování obsahu molybdenu v čerstvé hmotě bramborových hlíz.
- 6) Zvyšující se dávky molybdenu v půdě neměly za následek statisticky významné snižování obsahu fosforu v sušině bramborových hlíz.



Stupňované dávky arsenu měly následující vliv na chemické složení bramborových hlíz:

- 1) Stupňované množství arsenu v půdě mělo statisticky průkazný vliv na zvýšení obsahu arsenu v čerstvé hmotě bramborových hlíz.
- 2) Zvyšování množství arsenu v půdě nemělo statisticky významný vliv na zvýšení obsahu dusíku v sušině bramborových hlíz vzhledem ke kontrolní variantě.
- 3) Stupňované dávky arsenu se statisticky průkazně neprojevily ve snižování obsahu fosforu v sušině bramborových hlíz.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DAVÍDEK, J. a kol., *Chemie potravin*, Praha: SNTL, 1983, 632 s.
- [2] BERSIN, T., *Biochemie der Mineral und Spurenelemente*, Frankfurt a. Main: Akad. Verlagsgesellschaft, 1963
- [3] MENGEL, K., KIRKBY, E. A., *Principles of Plant Nutrition*. 1. vyd. Bern: Potash Institut of Switzerland, 1978, 593 s.
- [4] BRÁZDOVÁ, Z., *Výživa člověka*, Vyškov: VVŠ PV, 1995, 75 s.
- [5] MAROUNEK, M., BŘEZINA, P., ŠIMUNEK, J., *Fyziologie a hygiena výživy*, Vyškov: VVŠ PV, 2000, ISBN 80-7231-057-7, 68 s.
- [6] VELÍŠEK, J., *Chemie potravin 1*, Tábor: Osis, 1999. ISBN 80-902391
- [7] KOUBA, D., *Das Düngen des Rapses den Mikroelementen*, Raps, 23, 2005, č. 2, Gelsenkirchen, ISSN 0724-4606, s. 70-73
- [8] VANĚK, V., TLUSTOŠ, P., *Výživa rostlin a hnojení polních plodin*, Praha: ČZU, 1999, ISBN 80-213-0564-9, s. 29-40
- [9] VOSTÁL, J., *Výživa rostlin a hnojení*, Skripta přednášek pro posluchače LF a PEF ČZU v Praze, 2. upravené vydání, 1999, ISBN 80-213-0524-X, s. 144-233
- [10] RICHTER, R., HLUŠEK, J., *Výživa a hnojení rostlin*, Brno: VŠZ, 1994, 177s.
- [11] HAVELKA, B., *Výživa a hnojení zahradnických rostlin*, Brno: VŠZ, 1990, 271 s.
- [12] KOUBOVÁ, A., *Význam manganu pro rostliny*, DLG Dünger Magazin, 5, 2005, s. 14-17
- [13] KOUBOVÁ, A., *Deficit stopových prvků je možný i při dobrém zásobení půdy*, DLZ Agrarmagazin, 52, 2001, s. 76-80

- [14] KOUBOVÁ, A., *Čtyři mikroelementy pro kvalitu brambor*, DLG Dünger Magazin, 12, 2005, s.12
- [15] KOUBOVÁ, A., *Příjem manganu bramborami*, Kartoffelbau, 56, 2005, č. 4, s. 116
- [16] MARTYNKOVÁ, K., *Problematika SPE mikrokonzentrací molybdenu, vanadu a chromu v multikomponentním systému, na různých sorbentech pro jejich stanovení ICP- AES ve vodách*, Pojednání k disertační práci, Brno:VUT, Chemická fakulta, 2005, 43 s.
- [17] GREENWOOD, N.N, EARNSHAW, A., *Chemie prvků II*, Praha:Informatorium, 1993
- [18] COTTON, F. A., WILKINSON, G., *Anorganická chemie*, Praha: Academia, 1973
- [19] SOMMER, L., *Teoretické základy analytické chemie I*, Brno: VUT, Chemická fakulta, 39, 1995
- [20] MATRKA, M., RUSEK, V., *Průmyslová toxikologie*, Pardubice: VŠCHT, 1991
- [21] BENCKO, V., a spol., *Toxické kovy v pracovním a životním prostředí člověka*, Praha: Avicenum, 1984
- [22] OGURA, H., OGUMA, K., *Microchemical Journal*, 49, 220, 1994
- [23] Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 13/1994 Sb., o limitních obsazích v půdách
- [24] KAISER, B. N., *The role of molybdenum in agricultural plant production*. Anals of Botany, 96, 2005, s. 745-754
- [25] ROP, O., *The toxic elements kontent in early potato varieties*. Thesis. Brno: MZLU,1999, 77 s.

- [26] CRAWFORD, N. M., *Control of nitrate reduction in plants*, Australian Journal of Plant Physiology, 19, 1992, s. 377-385
- [27] MENDEL, R. R., HANSCH, R., *Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants*, Journal of Experimental Botany, 53, 2002, s. 1689-1698
- [28] BRUNE, A., *Differential toxicity of heavy-metals is partly related to a loss of preferential extraplasmic compartmentation – a comparison of Cd-stress, Mo-stress, Ni-stress and Zn-stress*, New Phytologist, 129, 1995, s. 403-409
- [29] MONTGOMERY, C. W., *Fundamental of Geology*, Dubuque, WCB Publishers, 1997, 412 s.
- [30] ROP, O., *Arsen v půdě a rostlinách*, Zemědělské aktuality, 6, 2000, s. 28 – 29
- [31] GREENWOOD, N. N. – EARNSHAW, A., *Chemie prvků*, Praha: Informatorium, 1993, 793 s.
- [32] VAUGHAN, D. J., *Arsenic. Elements*, 2 (2), 2006, s. 71 – 75.
- [33] 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.
- [34] SADIQ, M., *Arsenic chemistry in soils: An overview of thermodynamic prediction and field observations*, Water Air and Soil Pollution, 1993 (1–4), 1997, s. 117 – 136.
- [35] JIANG, W., *Adsorption of arsenate on soils. Part 2: Modeling the relationship between adsorption capacity and soil physiochemical properties using 16 Chinese soils*, Environmental Pollution, 138 (2), 2005, s. 285 – 289
- [36] SMITH, E., NAIDU, R., ALSTON, A. M., *Chemistry of inorganic arsenic in soils: II. Effect of phosphorus, sodium, and calcium on arsenic sorption*, Journal of Environmental Quality, 31 (2), 2002, s. 557 – 563.

- [37] BARRACHINA, A. C., CARBONELL, F. B., BENEYTO, J. M., *Arsenic uptake, distribution, and accumulation in tomato plants – effect of arsenite on plant growth and yield*, Journal of Plant Nutrition, 18 (6), 1995, s. 1237 – 1250.
- [38] GONZAGA, M. I. S., SANTOS, J. A. G., MA, L. Q.: *Arsenic phytoextraction and hyperaccumulation by fern species*, Scientia Agricola, 63 (1), 2006, s. 90 – 101.
- [39] NEUMANN, H., *Toxicity testing of heavy metals with the Rhizobium legume symbiosis: High sensitivity to cadmium and arsenic compounds*, Environmental Science and Pollution Research, 5 (1), 1998, s. 28 – 36.
- [40] BHAKUNI, D. S., *Biosynthesis of bioactive metabolites of marine – algae and marine – invertebrates*, Journal of Scientific and Industrial Research, 53 (9), 1994, s. 692 – 709.
- [41] MINX, L. a spol., *Rostlinná výroba II*, Brno: VŠZ, 1987, 131s.
- [42] JUZL, M. a kol., *Rostlinná výroba III*, Brno: MZLU, 2000, ISBN 80-7157-446-5, 232 s.
- [43] HRABĚ, J., KOMÁR, A., *Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin*, III – část. Vyškov: VVŠ PV, 2003, ISBN 80-7231-107-7, 163 s.
- [44] DUDÁŠ, F. a kol., *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*, Praha: SZN, 1981, 13098/80-30
- [45] KOŠTÍŘ, J., *Biochemie známá i neznámá*, Praha: Avicenum, 1980, 384 s.
- [46] GREENWOOD, C. T., *Psychical and chemical characteristics of potato starch*, Camden: Cambell Inst. Agric., 1966, s. 41-42
- [47] ULBRICHT, G., *Qualität von Speisekartoffeln*, Kartoffeltrends, Agrimedia, 2002, s. 8-11
- [48] MÍČA, B., VOKÁL, B., *Dusíkaté látky a jejich vztah ke kvalitě brambor*, Bramborář, 5 (1), 1997, s. 5-8

- [49] MÍČA, B., *Využití brambor a jejich produktů*, Praha: SZN, 1988, s. 11-12
- [50] WOOLFE, J. A., *The Potato in the human diet*, Cambridge: University Press, 1987
- [51] BURTON, W. G., *The Potato*, New York: Longman Scientific & Technical, 1989, 472 s.
- [52] SHEKHAR, V. C. a kol., *Changes in ascorbic acid content during growth and short-term storage of potato tubers*, Amer. Potato Journal, 55, 1978, s. 663-670
- [53] BURI, R., C., *Über das Vorkommen von Nukleotiden in Kartoffeln*, Zurich: DSTH, 1971, 59 s.
- [54] FRIEDMAN, M., *Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. A review*. J. Agric. Food Chem., 45 (5), 2003, s. 1523-1540
- [55] RICHTER, R, HLUŠEK, J., HŘIVNA, L., *Výživa a hnojení rostlin – praktická cvičení*, BRNO: MZLU, ISBN 80 – 7157 – 346 – 9
- [56] JAVORSKÝ, P., *Chemické rozbor v zemědělských laboratořích*, Praha: Ministerstvo životního prostředí, 1987, 397 s.
- [57] SEVEROVÁ, M., BŘEZINA, P., *Návody pro laboratorní cvičení z analýzy potravin*, 1. vydání, Vyškov: VVŠ PV, 1998, 88 s.
- [58] PRÍBELA, A., *Analýza přírodních látek v poživatinách*, 1. vydání, Bratislava: ALFA, 1978, s. 430
- [59] SNEDECOR, G. W., COCHRAN, W. G., *Statistical Methods*. Iowa: 6<sup>th</sup> ed. Iowa State University Press., 1967
- [60] ROP, O., *Výskyt cizorodých prvků v bramborách*. Farmář, 5/2002. Ročník 8
- [61] ALLOWAY, B. J.: *Heavy metals in soils*, New York, John Willey & Sons, 1990, 331 s.

- [62] SAWERT, A., WEIGEL, H. J., JAGER, H. J., *Aufnahme und organspezifische Verteilung von cadmium bei Solanaceen*, *Angewandte Botanik.*, 61 (5), 1987, s. 450 - 451.
- [63] 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.
- [64] 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
- [65] ROP, O., *Obsah cizorodých prvků v rostlinách velmi raných odrůd brambor*, *Disertační práce*, Brno: MZLU, 1999, 77 s.
- [66] KABATA-PENDIAS, A., *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton Florida, 1984. CPC Press, Inc.
- [67] HLUŠEK, J., RICHTER, R., *Koncentrace makroživin v bramborách při pěstování na kontaminované půdě těžkými kovy po aplikaci půdních zlepšovačů*, *Rostlinná výroba*, 38 (1), 1992, s. 97 - 106.
- [68] 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), ISSN 0190-4167, s. 725-739
- [69] GRUPE, M. – WIECHMANN, H., *Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Böden und Pflanzen im Überflutungsbereich von Rhein und Sieg*. In: *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gessellschaft* Bd. 43, Göttingen, 1985, s. 359 - 364.
- [70] HANI, H. – GUPTA, S., *Total and biorelevant heavy metal contents and their usefulness in establishing values in soils. Environmental effects of organic and inorganic contaminants in sewage sludge*, London: R. Reichel Publishing Company, 1983, 129 s.

- [71] LODENIUS, M., *Heavy metals in the soils: Interactions and long - term changes*, Ecological impact of acidification, Budapest, 1989, s. 131 - 136.
- [72] ADAMEC, V., *Cizorodé látky v půdě a možnosti kompenzace jejich škodlivých účinků*, Úroda, 52 (3), 1991, s. 100 - 101.
- [73] MAIER, N. A., et al., *Effect of current-season application of caltic lime and phosphorus fertilization on soil pH, potato growth, yield, dry matter content, and cadmium concentration*, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33 (3-4), 2002, s. 2145 – 2165.
- [74] SMITH, S. R., *Effect of soil-pH on availability to crops of metals in sewage sludge-treated soils. 2.Cadmium uptake by crops and implications for human dietary intake*, Environmental Pollution, 86 (1), 1994, s. 5 – 13.
- [75] HAASE, E., *Pflanzen reinigen Schwermetall – Böden*, Umwelt, 7 (8), 1998, s. 342 - 344.
- [76] BARTL, B., et al., *Long-term application of biowaste compost versus fertilisation: Effects on the nutrient and heavy metal contents of soil and plants*. Journal of Plant Nutrition and Soil Science – Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung und Boden kunde 165 (2), Apr 2002. ISSN 1436-8730, s. 161-165
- [77] ROINILA, P., et al., *Effects of different organic fertilisation practices and mineral fertilisation on potato quality*. Biological Agriculture & Horticulture 21 (2), 2003. ISSN 0144-8765, s. 165-194
- [78] NAUTIYAL, N., *Seed reserves of chickpea in relation to molybdenum supply*, Journal Of The Science Of Food and Agriculturele 85 (5), Apr 15 2005, ISSN: 0022-5142, s. 860-864
- [79] NASTASE, D., *Influenta microelementor Mo, Mn a supra cartofului irigat pe solurile aluviale din insula mare a brailei*, Anale I.C.P.C. Vol. XXVI. Brasov 1999, s. 98-114



- [80] MONDI, N., MUNSHI, C., *Effect Of Soil and Foliar application of Molybdenum on the glycoalkaloid and nitrate concentration of potatoes*, Journal of Agricultural and Food Chemistry 41 (2), Feb 1993, ISSN: 0021-8561, s. 256-258
- [81] DEVI, V., *Role of boron, molybdenum and zinc on various nitrogenous fractions of cabbage*, Journal-of-Vegetable-Crop-Production, 1999; 5(2), s. 45-57
- [82] WILLIAMS, C., *Effect of molybdenum foliar sprays on yield, berry size, seed formation, and petiolar nutrient composition of "Merlot" grapevines*, Journal of Plant Nutrition, 27 (11), 2004, ISSN: 0190-4167, s. 1891-1916
- [83] LOPEZ – MARTINEZ, E., *Molybdenum uptake, distribution and accumulation in bean plants*, Fresenius-Environmental-Bulletin. 1996; 5(1/2), s. 73-78

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MnSo <sub>4</sub>	síran manganatý
ZnOH	hydroxid zinečnatý
DNA	deoxyribonukleová kyselina
MoS <sub>2</sub>	sulfid molybdeničitý
KNO <sub>3</sub>	dusičnan draselný
KClO <sub>3</sub>	chlореčnan draselný
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	oxid fosforečný
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	síran draselný
HCl	kyselina chlorovodíková
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	peroxid vodíku
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	kyselina sírová
HNO <sub>3</sub>	kyselina dusičná
ÚKZÚZ	ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ppm	jedna miliontina
mg.kg <sup>-1</sup>	miligramy na kilogram
μg.m <sup>-3</sup>	mikrogramy na metr krychlový
μg.l <sup>-1</sup>	mikrogramy na litr
Sd	směrodatná odchylka

## **SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Deficit zinku u brambor.....	22
Obrázek 2. Nedostatek molybdenu u kvěťáku.....	28
Obrázek 3. Deficit molybdenu u brambor.....	29
Obrázek 4. Řez bramborovou hlízou.....	34

## SEZNAM TABULEK

Tabulka I. Rozdělení živin a průměrné zastoupení v rostlinách ( % v čerstvé hmotě)....	11
Tabulka II. Doporučená denní potřeba mikroelementů člověkem.....	11
Tabulka III. Obsah mikroelementů v některých potravinách podle Davídka (1983).....	12
Tabulka IV. Složení bramborové hlízy podle Kronera (1971).....	35
Tabulka V. Krytí denní potřeby esenciálních aminokyselin bramborami (podle Míči 1997).....	37
Tabulka.VI. Agrochemická charakteristika půdy.....	43
Tabulka VII. Schéma pokusu – čísla variant a jim odpovídající přídavek molybdenu do půdy v mg.kg <sup>-1</sup> zeminy.....	44
Tabulka VIII. Schéma pokusu – čísla variant a jim odpovídající přídavek arsenu do půdy v mg.kg <sup>-1</sup> zeminy.....	45

## SEZNAM PŘÍLOH

- P I** Tab. P. I. Průměrné výnosové parametry brambor (Mo)
- P II** Graf P. I. Průměrná hmotnost hlíz u jednotlivých variant v gramech (Mo)  
Graf P. II. Průměrný počet bramborových hlíz v kusech (Mo)
- P III** Tab. P. II. Průměrný obsah sušiny v bramborových hlízách (v hm. %) (Mo)  
Graf P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborových hlízách (v hm. %) (Mo)
- P IV** Tab. P. III. Průměrný obsah škrobu v bramborových hlízách ( % v č.hmotě) (Mo)  
Graf P. IV. Průměrný obsah škrobu v bramborových hlízách ( % v č.hmotě) (Mo)
- P V** Tab. P. IV. Průměrný obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny) (Mo)  
Graf P. V. Průměrný obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny) (Mo)
- P VI** Tab. P. V. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny) (Mo)  
Graf P. VI. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny) (Mo)
- P VII** Tab. P. VI. Průměrný obsah molybdenu v bramborových hlízách ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  v čerstvé hmotě) (Mo)  
Graf VII. Průměrný obsah molybdenu v bramborových hlízách ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  v čerstvé hmotě) (Mo)
- P VIII** Tab. P. VII. Průměrný obsah arsenu v bramborových hlízách ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  č.hmoty) (As)  
Graf P. VIII. Průměrný obsah arsenu v bramborových hlízách ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  č. hmoty) (As)

**P IX** Tab. P. VIII. Průměrný obsah dusíku v bramborových hlízách (% sušiny) (As)

Graf P. IX. Průměrný obsah dusíku v bramborových hlízách (% sušiny) (As)

**P X** Tab. P. IX. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny) (As)

Graf P. X. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny) (As)

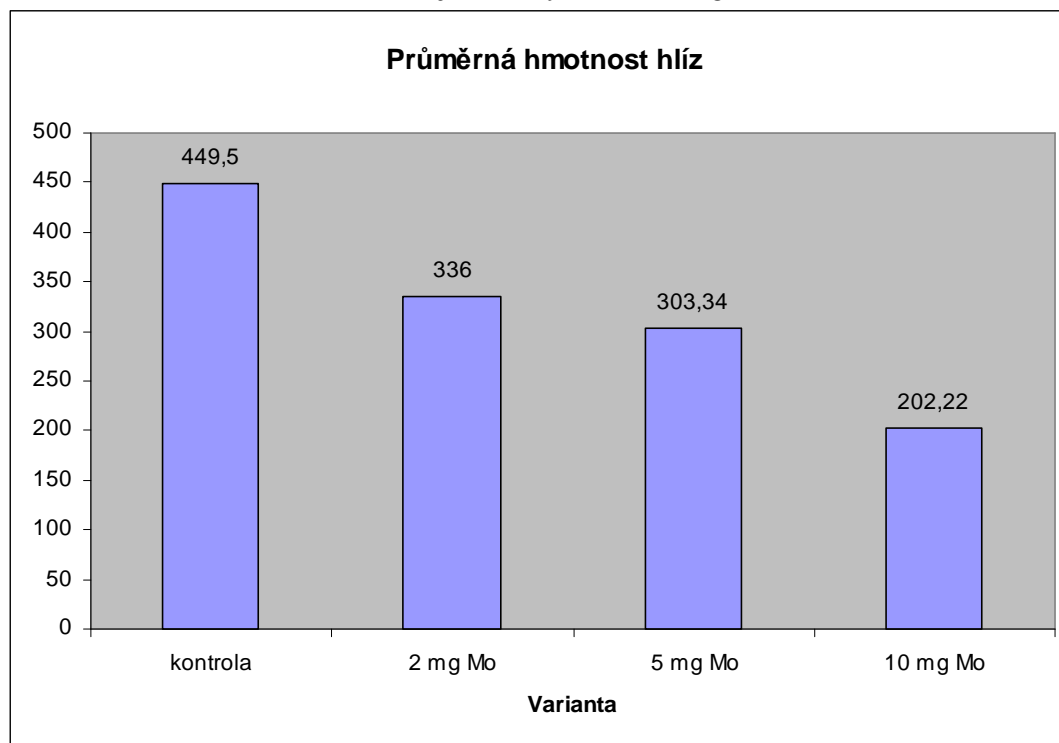
## PŘÍLOHA P I

Tab. P. I. Průměrné výnosové parametry brambor

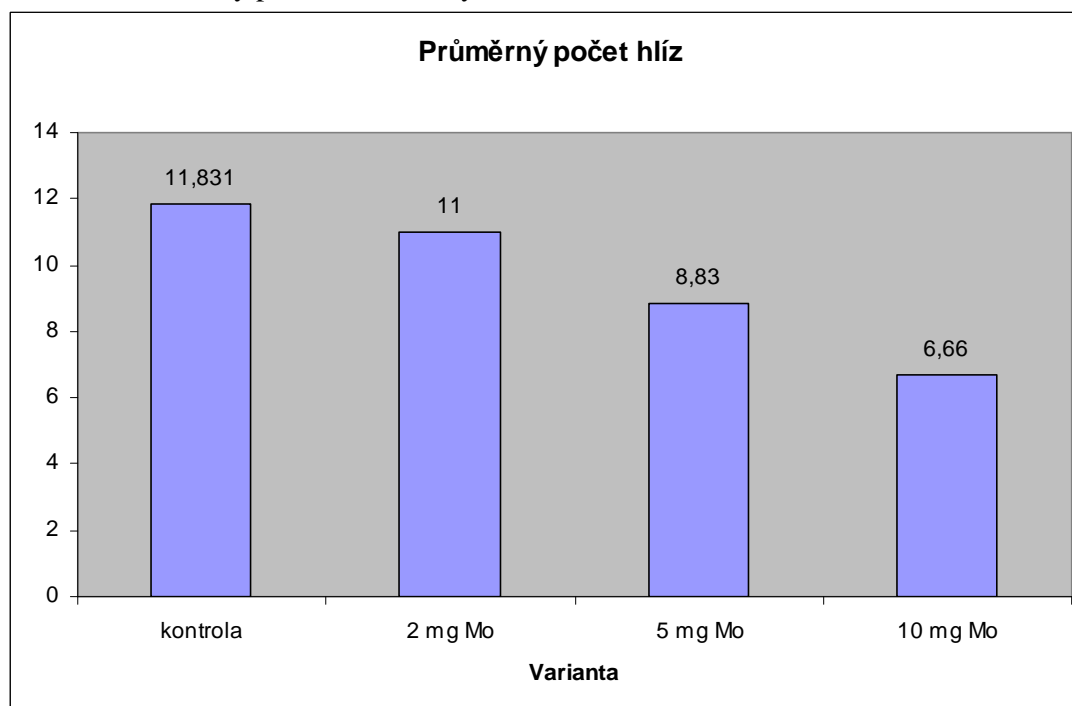
<b>Varianta</b>	<b>Průměrná hmotnost hlíz [g]</b>	<b>Sd</b>	<b>Průměrný počet hlíz [ks]</b>	<b>Sd</b>
<b>KONTROLA</b>	449,5	139,581	11,83	2,544
<b>2 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	335,93	151,993	11	3,651
<b>5 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	303,34	136,060	8,83	3,338
<b>10 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	202,22	150,875	6,66	4,404

## PŘÍLOHA P II

Graf P. I. Průměrná hmotnost hlíz u jednotlivých variant v gramech



Graf P. II. Průměrný počet bramborových hlíz v kusech



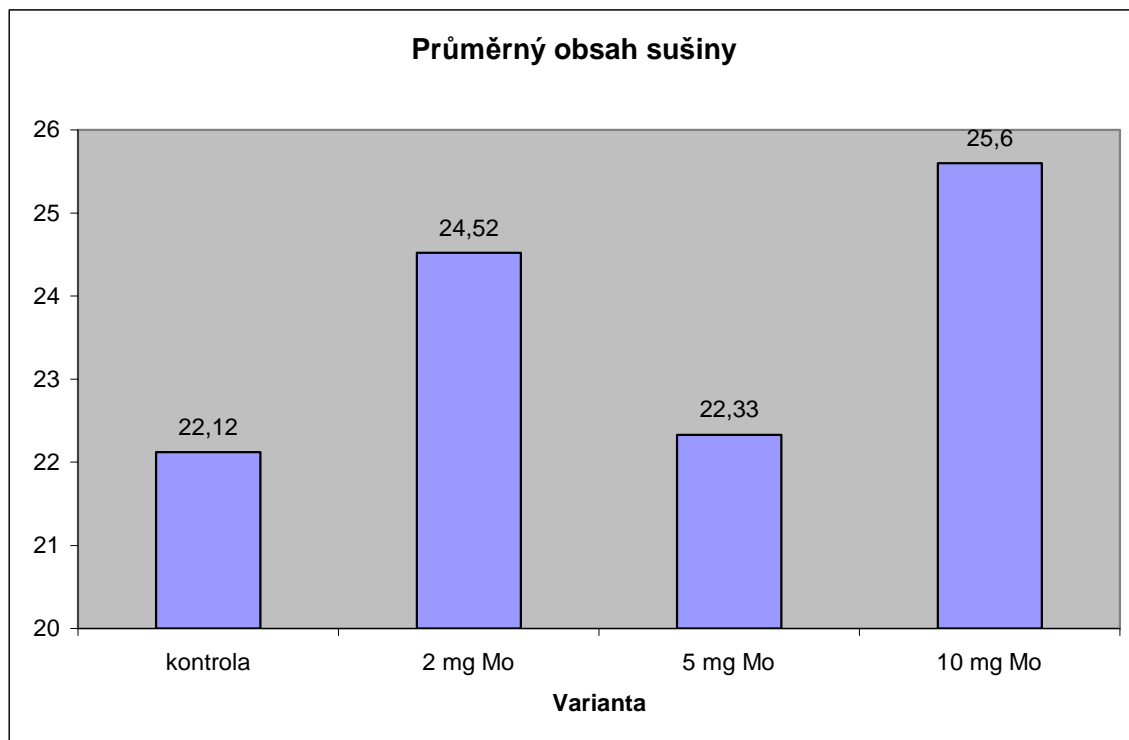


## PŘÍLOHA P III

Tab. P. II. Průměrný obsah sušiny v bramborových hlízách v hmotnostních procentech

Varianta	Obsah sušiny [hmot. %]	
	Průměrný obsah	Sd
KONTROLA	22,12	0,310
2 mg Mo.kg <sup>-1</sup>	24,52	0,304
5 mg Mo.kg <sup>-1</sup>	22,33	0,408
10 mg Mo.kg <sup>-1</sup>	25,6	0,164

Graf P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborových hlízách v hmotnostních procentech

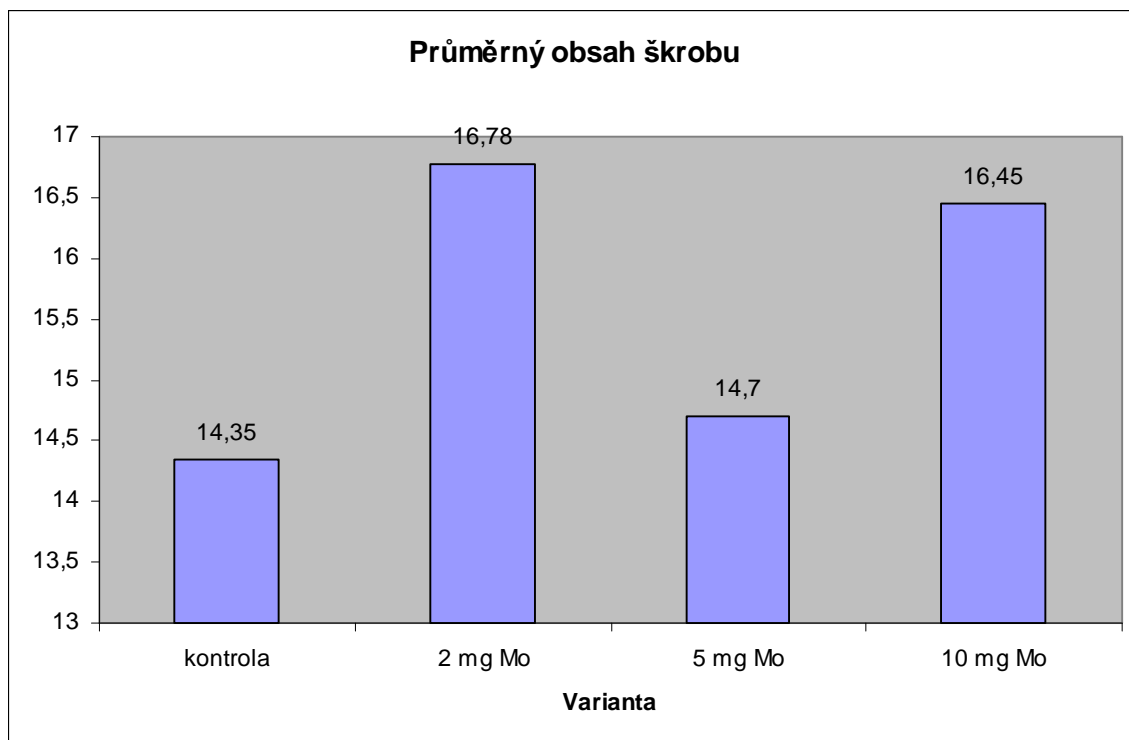


## PŘÍLOHA P IV

Tab. P. III. Průměrný obsah škrobu v bramborových hlízách ( % v čerstvé hmotě)

Varianta	Obsah škrobu [hmot. %]	
	Průměrný obsah	Sd
<b>KONTROLA</b>	14,35	2,099
<b>2 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	16,78	3,902
<b>5 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	14,70	2,356
<b>10 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	16,45	1,117

Graf P. IV. Průměrný obsah škrobu v bramborových hlízách ( % v čerstvé hmotě)

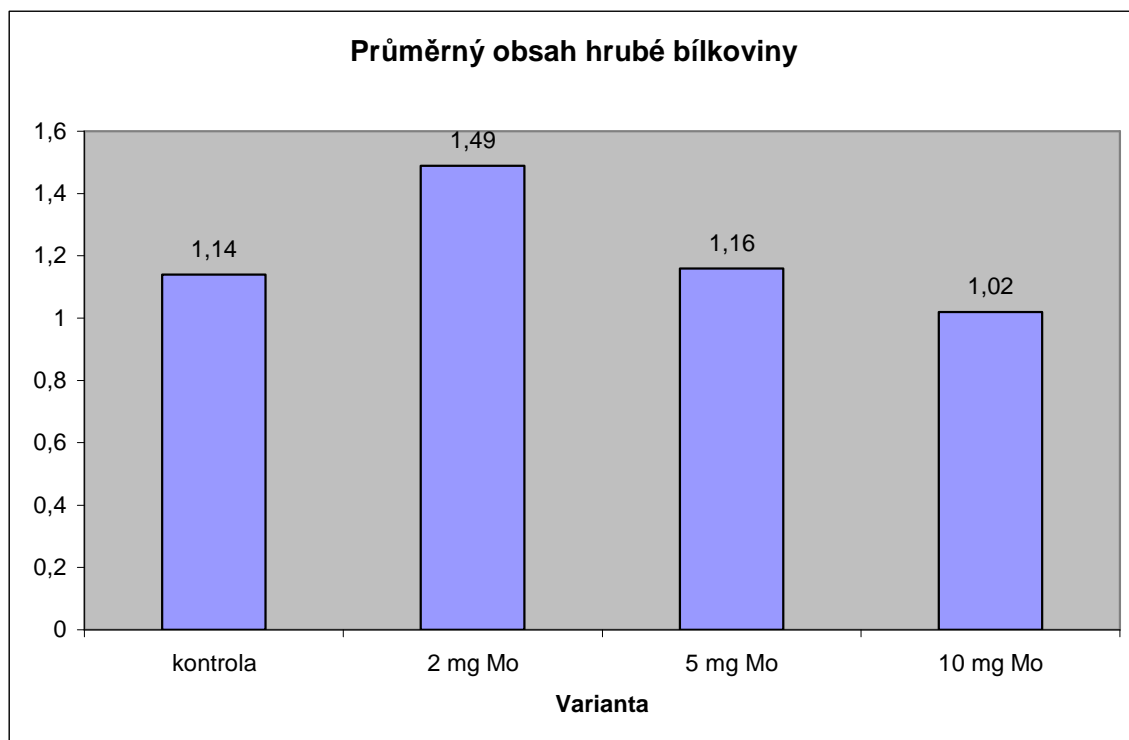


## PŘÍLOHA P V

Tab. P. IV. Průměrný obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny)

Varianta	Obsah hrubé bílkoviny [ $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ sušiny]	
	Průměrný obsah	Sd
<b>KONTROLA</b>	1,14	0,095
<b>2 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	1,49	0,029
<b>5 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	1,16	0,012
<b>10 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	1,02	0,052

Graf P. V. Průměrný obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny)

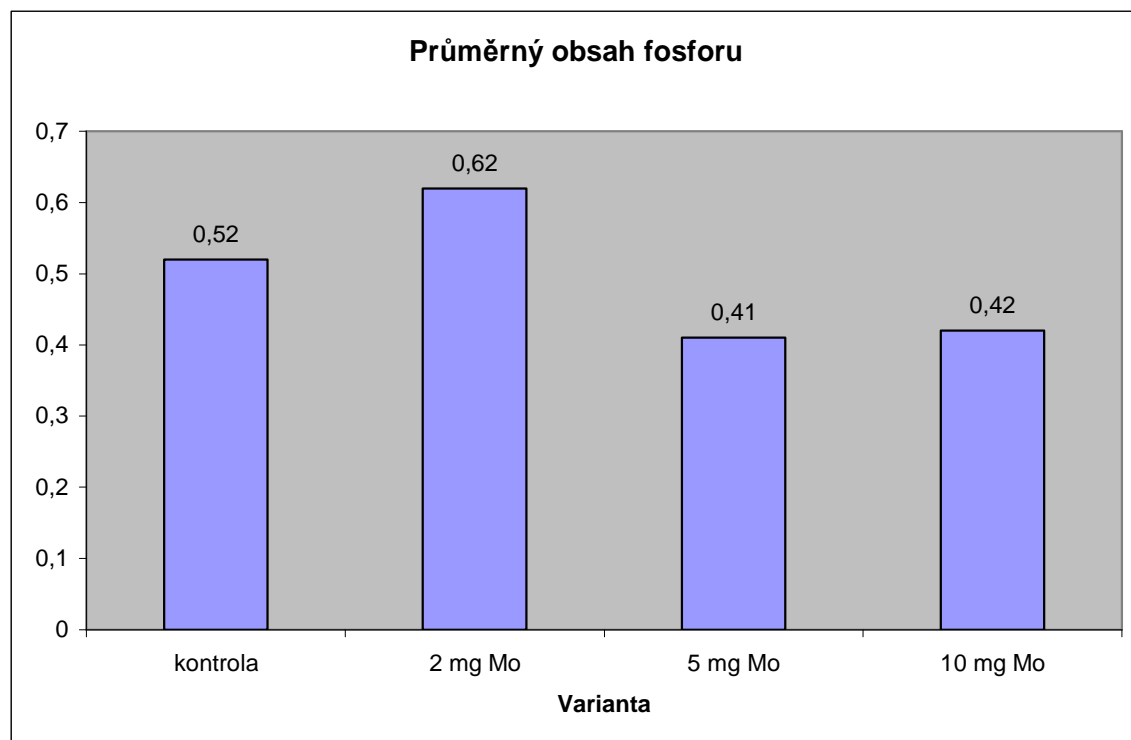


## PŘÍLOHA P VI

Tab. P. V. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny)

Varianta	Obsah fosforu [% sušiny]	
	Průměrný obsah	Sd
<b>KONTROLA</b>	0,52	0,021
<b>2 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	0,63	0,070
<b>5 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	0,41	0,004
<b>10 mg Mo.kg<sup>-1</sup></b>	0,42	0,0145

Graf P. VI. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny)

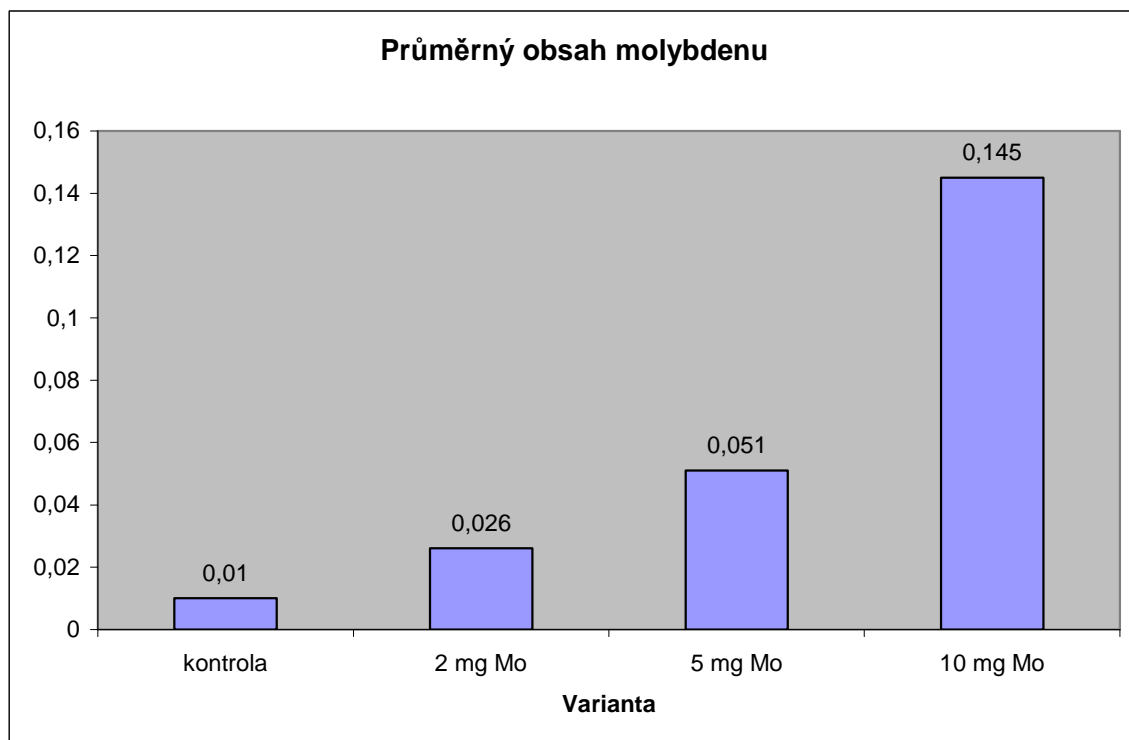


## PŘÍLOHA P VII

Tab. P. VI. Průměrný obsah molybdenu v bramborových hlízách ( $\text{mg.kg}^{-1}$  v č. hmotě)

Varianta	Obsah molybdenu [ $\text{mg.kg}^{-1}$ v čerstvé hmotě]	
	Průměrný obsah	Sd
KONTROLA	0,010	0,002
2 mg Mo.kg <sup>-1</sup>	0,026	0,003
5 mg Mo.kg <sup>-1</sup>	0,051	0,003
10 mg Mo.kg <sup>-1</sup>	0,145	0,005

Graf VII. Průměrný obsah molybdenu v bramborových hlízách ( $\text{mg.kg}^{-1}$  v č. hmotě)

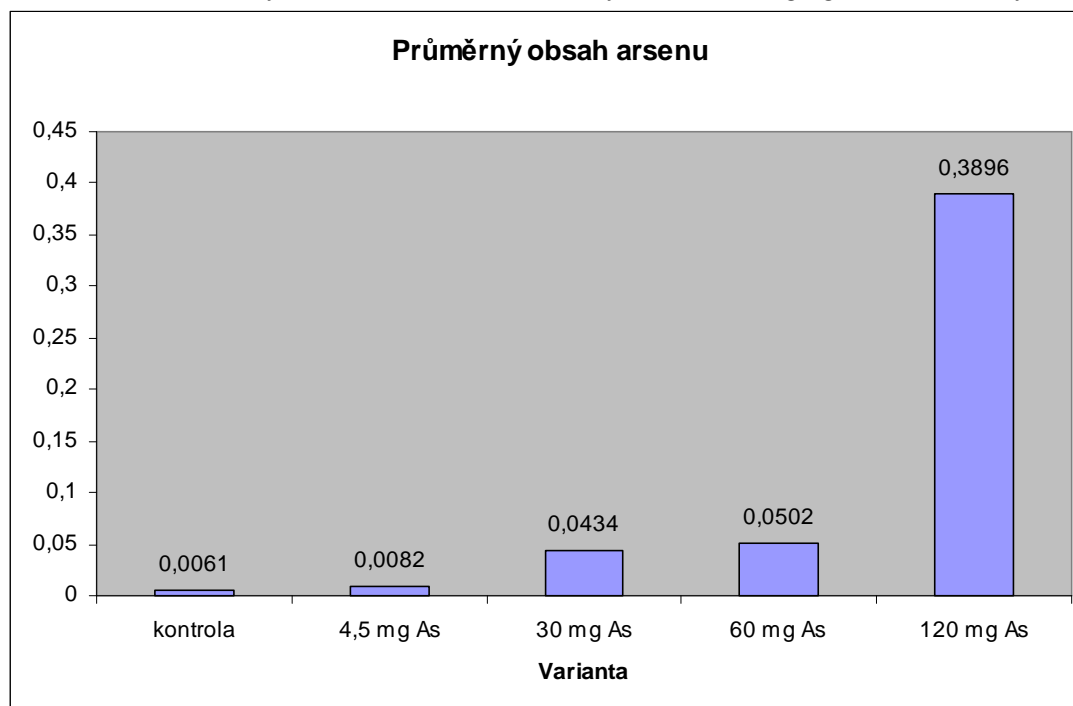


## PŘÍLOHA P VIII

Tab. P. VII. Průměrný obsah arsenu v bramborových hlízách ( $\text{mg.kg}^{-1}$  čerstvé hmoty)

Varianta	Obsah arsenu [ $\text{mg.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty]	
	Průměrný obsah	Sd
Kontrola	0,0061	0,0009
4,5 mg $\text{As.kg}^{-1}$	0,0082	0,0008
30 mg $\text{As.kg}^{-1}$	0,0434	0,0010
60 mg $\text{As.kg}^{-1}$	0,0502	0,0029
120 mg $\text{As.kg}^{-1}$	0,3896	0,0086

Graf P. VIII. Průměrný obsah arsenu v bramborových hlízách ( $\text{mg.kg}^{-1}$  čerstvé hmoty)

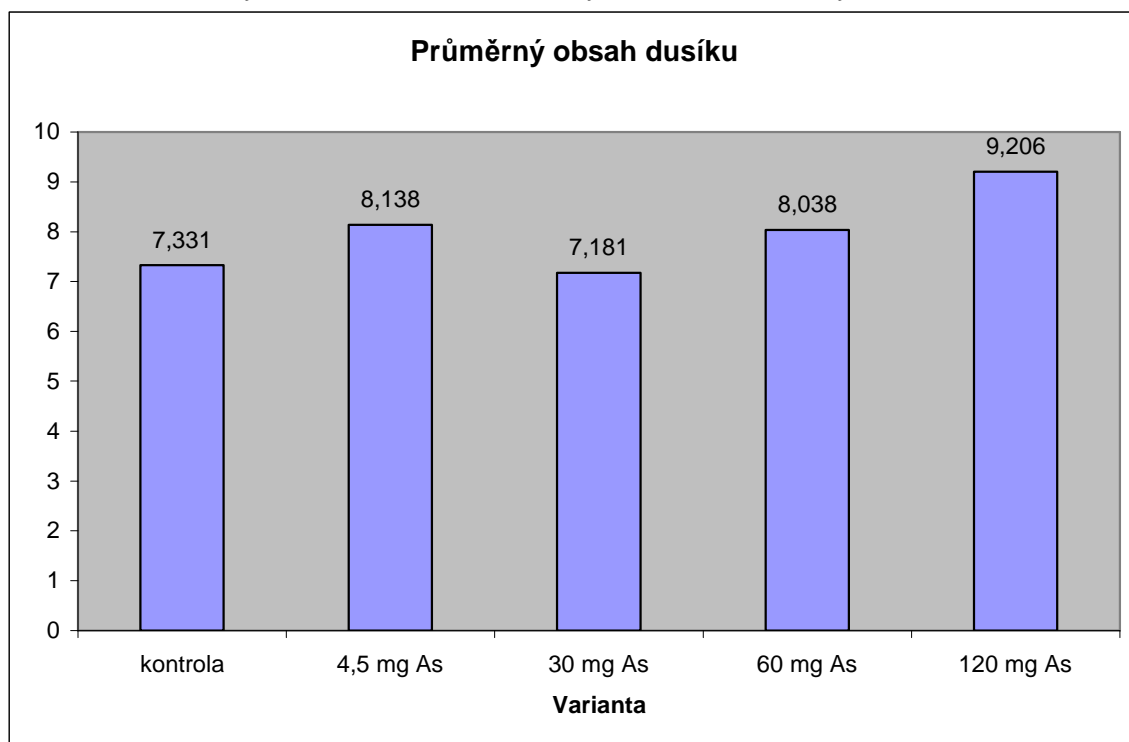


## PŘÍLOHA P IX

Tab. P. VIII. Průměrný obsah dusíku v bramborových hlízách (% sušiny)

Varianta	Obsah dusíku [% sušiny]	
	Průměrný obsah	Sd
Kontrola	7,331	0,985
4,5 mg mg As.kg <sup>-1</sup>	8,138	0,852
30 mg As.kg <sup>-1</sup>	7,181	1,023
60 mg As.kg <sup>-1</sup>	8,038	0,912
120 mg As.kg <sup>-1</sup>	9,206	1,036

Graf P. IX. Průměrný obsah dusíku v bramborových hlízách (% sušiny)



## PŘÍLOHA P X

Tab. P. IX. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny)

Varianta	Obsah fosforu [% sušiny]	
	Průměrný obsah	Sd
Kontrola	0,267	0,023
4,5 mg mg As.kg <sup>-1</sup>	0,286	0,018
30 mg As.kg <sup>-1</sup>	0,265	0,026
60 mg As.kg <sup>-1</sup>	0,254	0,020
120 mg As.kg <sup>-1</sup>	0,279	0,015

Graf P. X. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny)

