

Vliv mědi a zinku na chemické složení bramborových hlíz

Bc. Petra Valová

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. Petra VALOVÁ**

Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vliv mědi a zinku na chemické složení bramborových hlíz**

Zásady pro vypracování:

1. V literárním přehledu se zaměřte na chemické složení bramborových hlíz. Dále zapracujte literaturu o současných poznatcích o vlivu mědi a zinku na biochemismus rostlin.
2. Založte nádobový pokus se stupňovanými dávkami mědi a zinku v půdě. Jako indikační plodiny použijte velmi rané brambory.
3. U vypěstovaných hlíz proveďte chemické analýzy na obsah sušiny, škrobu, hrubé bílkoviny, fosforu, mědi a zinku.
4. Získané výsledky statisticky vyhodnoťte.
5. Proveďte souhrn zjištěných poznatků a srovnajte ho s údaji publikovanými v dané oblasti za posledních 20 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 práce bylo sledovat vliv stupňovaných dávek zinku a mědi v půdě na výnosové parametry a obsah škrobu v bramborových hlízách. Jako indikační plodina byly zvoleny velmi rané brambory odrůdy *Komtesa*, které byly pěstovány v nádobovém pokusu. Byly použity 3 úrovně obsahu zinku a mědi v půdě. Stupňovaná množství kovů v zemině vedla ke statisticky průkaznému snižování počtu hlíz a snížila se také hmotnost hlíz. Vyšší obsah zinku v půdě stimuloval statisticky průkazné zvýšení syntézy škrobu. V případě mědi se projevil opačný efekt, kdy obsah škrobu v hlízách ve srovnání s kontrolní variantou klesal.

Klíčová slova: brambory, hlízy, měď, zinek, výnos, škrob

ABSTRACT

The aim of this work was to examine the effect of zinc and copper addition in soil on the yield and the content of the starch in the potato tubers. Very early potato variety *Komtesa* was cultivated in pot experiment. There were used three concentrations of zinc and copper content in soil. The increasing amounts of metals in soil led to decrease of the tubers counts and weight. A high zinc content in soil stimulated the starch production in tubers. The effect of copper was opposite than the effect of zinc. Copper caused decreasing of the starch content in the tubers in comparison with the control variant.

Keywords: potatoes, tubers, copper, zinc, yield, starch

Ráda bych tímto poděkovala Ing. Otakaru Ropovi, Ph.D. za odborné vedení při zpracování této diplomové práce, za podstatné rady, připomínky, aktivní přístup a zájem o moji práci. Stejně tak bych chtěla poděkovat Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. a celému Ústavu potravinářského inženýrství a chemie za pomoc v laboratořích a vytvoření velmi dobrých pracovních podmínek. Rovněž děkuji rodičům, manželovi, přátelům a kolegům za všestrannou pomoc při studiu.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího diplomové práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uvedena jako spoluautor. Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně, 11. 05. 2007

.....

podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 BRAMBORY	11
1.1 ANATOMICKÁ STAVBA BRAMBOROVÉ HLÍZY	11
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ BRAMBOROVÉ HLÍZY	13
2 VÝZNAM BIOGENNÍCH PRVKŮ PRO ROSTLINY	24
2.1 PŘÍJEM ŽIVIN KOŘENY	29
2.2 VÝZNAM MAKROPRVKŮ PRO ROSTLINY	31
2.2.1 Vodík, kyslík, uhlík	31
2.2.2 Dusík	33
2.2.2.1 Asimilace dusíku.....	34
2.2.2.2 Symptomy nedostatku a nadbytku dusíku.....	34
2.2.3 Fosfor	35
2.2.3.1 Symptomy nedostatku a nadbytku fosforu.....	38
2.2.4 Draslík	39
2.2.4.1 Symptomy nedostatku a nadbytku draslíku	40
2.2.5 Vápník	41
2.2.5.1 Symptomy nedostatku a nadbytku vápníku	43
2.2.6 Hořčík.....	44
2.2.6.1 Symptomy nedostatku a nadbytku hořčíku	45
2.3 VÝZNAM MIKROELEMENTŮ PRO ROSTLINY	45
2.3.1 Železo	46
2.3.2 Mangan.....	47
2.3.3 Zinek.....	48
2.3.3.1 Symptomy nedostatku a nadbytku zinku	51
2.3.4 Měď	52
2.3.4.1 Symptomy nedostatku a nadbytku mědi	53
2.3.5 Bór.....	54
2.3.6 Molybden	55
2.4 HNOJENÍ MIKROELEMENTY	55
2.5 POŽADAVKY BRAMBOR NA PŮDU	56
2.6 FAKTORY VÝŽIVY BRAMBOR	57
II PRAKTICKÁ ČÁST	60
3 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	61
4 METODIKA PRÁCE.....	62
4.1 CHARAKTERISTIKA ROSTLINNÉHO MATERIÁLU	65
4.1.1 Odrůda KOMTESA.....	65
5 VÝSLEDKY.....	67

5.1	VÝNOSOVÉ PARAMETRY	67
5.2	OBSAH SUŠINY V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH.....	68
5.3	OBSAH ŠKROBU V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH	68
5.4	OBSAH FOSFORU V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH.....	69
5.5	OBSAH HRUBÉ BÍLKOVINY V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH.....	69
5.6	OBSAH MĚDI A ZINKU V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH	70
5.7	OBSAH AMINOKYSELIN V BRAMBOROVÝCH HLÍZÁCH.....	71
6	DISKUSE	74
7	NÁVRHY A DOPORUČENÍ	80
8	ZÁVĚR.....	82
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	84
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	89
	SEZNAM OBRÁZKŮ	91
	SEZNAM TABULEK.....	92
	SEZNAM PŘÍLOH.....	93

ÚVOD

Dle vyhlášky 157/2003 Sb. se konzumními bramborami rozumí hlízy brambor odrůd a kříženců *Solanum tuberosum L.*

Z kulturních rostlin dovezených do Evropy po objevení Ameriky byl u nás dříve znám tabák a kukuřice než brambory. Přesto tato zajímavá zahradní a polní plodina měla nezastupitelnou roli v historii evropského zemědělství, potravinářství a zdravotnictví. Ani v současné době se úloha brambor nijak nesnížila, ale s novými poznatky se prohlubuje a rozšiřuje. Využití bramborových hlíz a produktů z nich vyrobených se rozšiřuje zejména v potravinářství, farmacii a zdravotnictví, ale také v některých průmyslových odvětvích.

V potravinářství vystupuje u bramborových hlíz a produktů z nich vyrobených stále více do popředí význam nekalorických účinných látek, zejména vitamínů a minerálních solí. S tím souvisí účelné skladování, potravinářské úpravy a konzervace hlíz. Ty pak nacházejí obdobné uplatnění jako zelenina, a mohou tudíž zeleninu doplnit nebo také částečně nahradit. Bramborové hlízy nebo z nich vyrobený škrob jsou nenahraditelnou surovinou pro výrobu velkého počtu potravinářských produktů.

Ve zdravotnictví bramborové hlízy měly a dosud mají velký význam jako velmi účinná antiskorbutická potravina. Pokrmy z brambor jsou ve zvýšené míře důležité při různých dietách, včetně diet redukčních. Ve farmacii a v lékařství se uplatňuje rozsáhlý počet přípravků vyrobených z bramborového lihu nebo škrobu, z jeho derivátů a z modifikovaných škrobů.

Ještě před dvěma sty lety byly u nás brambory novou a přitom hospodářsky velmi významnou plodinou. Proto jim byla věnována nevšední péče v zemědělské osvětě, a tím i v odborných a vědeckých publikacích.

Pravlastí brambor je západní část Jižní Ameriky a podle vykopávek a různých nálezů z hrobů je možno usuzovat, že brambory v Jižní Americe byly pěstovány již v 2. století n.l. Uvádějí se 2 centra, z nichž se pěstování rozšířilo, první bylo v horských údolích peruánských a bolívijských And, druhé se nacházelo ve středním Chile.

Dnešní kulturní brambory (*Solanum tuberosum L.*) se dostaly do Evropy koncem 16. století. První popis a vyobrazení brambor pochází z r. 1597 od anglického botanika Gerarda. Pravděpodobné jsou dvě cesty, jimiž se brambory dostaly do Evropy. První vedla

z Peru asi kolem roku 1565 přes Španělsko a přivezla červenoslupkaté, podlouhlé hlízy, většinou modře nebo červenofialově kvetoucích linií. Druhá cesta asi kolem roku 1585 vedla z Chile přes Cartagenu do Anglie. Tyto linie byly většinou žlutoslupkaté, kulovité, kvetoucí bíle nebo světle fialově. Rod *Solanum* má přes 400 druhů, které rostou většinou v tropech a subtropech.

Brambory jsou dnes pro své mnohostranné použití významnou hospodářskou plodinou, z hlediska lidské výživy zaujímají svým významem čtvrté místo za obilovinami tj. pšenicí, rýží a kukuřicí. Oproti dřívějšímu, kdy brambory patřily k základním potravinám (spotřeba před II. světovou válkou se pohybovala kolem 150kg na osobu a rok) slouží dnes jako potravina doplňková k dosažení fyziologicky vyvážené stravy. Její význam je dán tím, že plní nejen funkci potraviny objemové, ale i sytící (sacharidická složka) a ochranné (obsah vitaminů a minerálů).

Současná spotřeba brambor ke konzumním účelům činí u nás 75 – 80 kg na osobu a rok. Příčiny poklesu je třeba hledat ve zvyšování životní úrovně, poměrně vysoké náročnosti na kuchyňskou úpravu, ale rovněž nedostatku skladovacích prostorů v městských bytech a často kolísavé jakosti. V tomto směru je třeba jít cestou vyspělých zemí, kde také poklesl konzum brambor v čerstvém stavu, ale výrazně narostl podíl potravinářských výrobků z brambor. V USA při roční spotřebě 55 kg brambor na obyvatele činí podíl výrobků asi 50 %, v EU při průměrné spotřebě asi 80 kg je to asi 27 %. U nás tento podíl tvoří přibližně 16 – 19 %, a je do jisté míry ovlivněn i stravovacím návykem.

Vstup naší republiky do EU se významně dotýká všech oblastí ekonomiky a bramborářství určitě není výjimkou. V nových podmínkách jednotného trhu, lze uvádět do oběhu jen odrůdy registrované v jednotlivých členských zemích EU.

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 nejen u nás, ale i v dalších zemích Evropské unie. Správně 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. Konkrétně jsem se zaměřila na vliv mědi a zinku na výnosové parametry, obsah sušiny, škrobu, fosforu a obsahu hrubé bílkoviny v bramborových hlízách.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 BRAMBORY

Dnešní kulturní brambory (*Solanum tuberosum* L.) (Obr. 1 viz. příloha P. I.) patří botanicky do čeledi lilkovitých (*Solanaceae*) [1]. Hospodářskou důležitost získaly brambory prvně v Irsku, kde se v 17. století staly základní potravinou. Na území Čech se dostaly brambory v letech 1628-1630 a do konce 17. století zůstaly jen zahradní rostlinou. Jejich pěstování se rozšířilo po poznání, že lépe uživí stoupající počet obyvatel než obiloviny. Hlavně se tak stalo po roce 1772, kdy byla v Evropě velká neúroda obilí a na základě výzvy a odměny vyhlášené Pařížskou vědeckou akademií prokázal Francouz Parmentier užitečnost brambor. Proto došlo k rozšíření pěstování ve Francii, Německu a Rakousku. Již roku 1781 se i u nás brambory uznávaly jako potravina odstraňující hlad, jako vhodné krmivo pro hospodářská zvířata a dostaly se tak pravidelně na stůl hlavně na venkově. Vzestup produkce brambor znamenal konec hladu a epidemií obvyklých zejména při neúrodě obilovin. Největší rozmach v pěstování brambor byl zaznamenán v první polovině 19. století, zejména zvýšením poptávky po bramborách průmyslových [12].

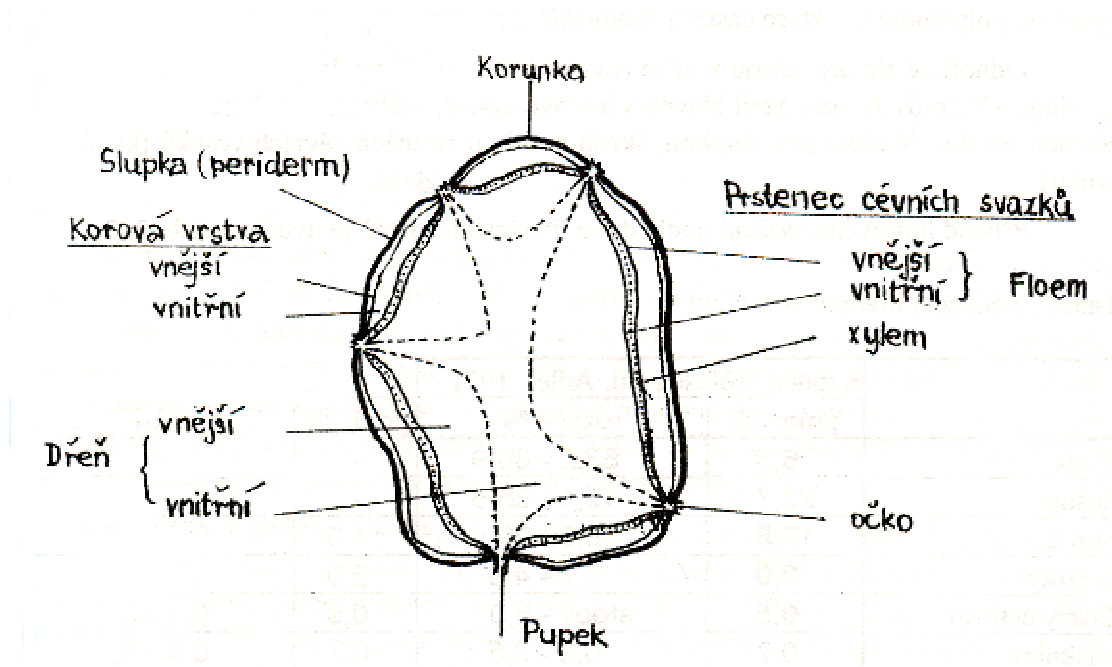
První pojednání o bramborách u nás sepsal v r. 1770 pro C. k. vlasteneckohospodářskou společnost v království českém vltavotýnský měšťan Jan Braum. Důkladnější je stať o bramborách od J. S. Presla a F. Berchtolda v knize „O přirozenosti rostlin anebo Rostlinář“, vydané v roce 1823 v Praze. Další pojednání o původu brambor a jejich rozšíření v Evropě uveřejnil zakladatel Národního muzea Kašpar ze Šternberka v časopise muzejní společnosti r. 1827 [2].

1.1 Anatomická stavba bramborové hlízy

Bramborová hlíza je zkrácený ztlustlý stonek (oddenek), v němž rostlina shromažďuje zásobní látky [13].

U brambor se již v prvních fázích růstu tvoří v podzemních částech stonku adventní kořeny a stolony. Jako stolony označujeme metamorfované stonky bez chlorofylu. U kulturních brambor jsou krátké (do 250 mm). Jejich délka rozhoduje o rozložení hlíz pod trsem a je pro jednotlivé odrůdy charakteristická. Po fázi prodlužovacího růstu začíná vrcholový pupen stolonu dužnatět a tvoří se tak bramborová hlíza [27].

Na hlíze rozeznáváme část *pupkovou*, která souvisí se stolonem, protilehlá část hlízy se nazývá *korunková* [13]. Bramborovou hlízu můžeme z anatomického pohledu rozdělit na řadu navzájem rozdílných zón [12].



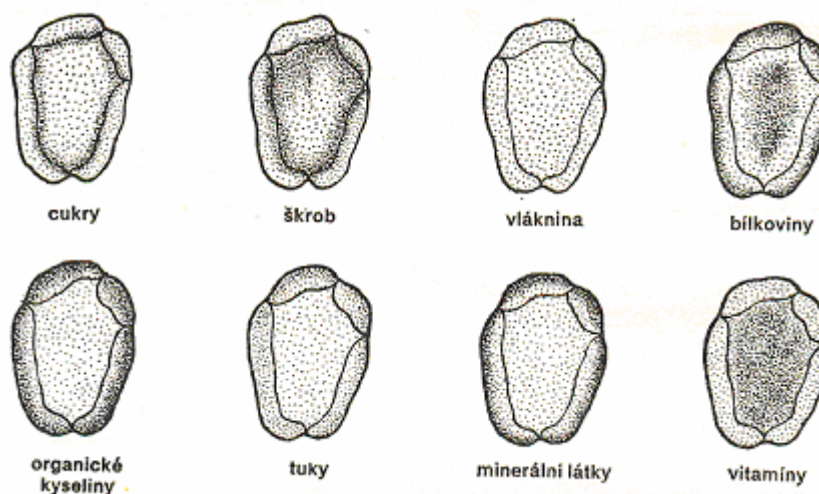
Obr. .2. Řez bramborovou hlízou

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

Pak následuje **korová vrstva**, která má 2 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 škrobem.

Další je vrstva **cévních svazků**, na řezu hlízy zřetelně patrná jako prstenec. Je tvořena vnějším lýkem (floém), jímž jsou vedeny organické látky, xylémem, jenž zajišťuje vodní transport a vnitřním floémem. Na cévní svazky navazuje **vnější dřeň** s velkými vodnatými buňkami. **Vnitřní dřeň** je patrná jako tmavé jádro. Dřeň je tvořena 0,1-0,2 mm velkými parenchymálními buňkami.

Buněčná stěna je na vnitřní straně tvořena hlavně celulosou, mezi celulosovými vlákny a na vnější straně jsou uloženy pektiny, hemicelulosy a proteiny [12].



Obr. 3. Rozložení hlavních látek v hlíze

1.2 Chemické složení bramborové hlízy

Hlízy jsou jediným využitelným orgánem bramborového trsu. Jejich vnitřní i vnější kvalita a hodnota jsou proto rozhodující pro všechny užitkové směry. Hodnota hlíz je dána především jejich chemickým složením, které z nich vlastně vytváří potravinu a průmyslovou surovinu [28].

Chemické složení hlíz značně kolísá, proto literatura o chemickém složení a látkách bramborové hlízy je hodně různorodá [12]. Hlízy nedozrálé mají více vody a bílkovin a méně škrobu než hlízy zralé [11]. Je to vysvětlitelné tím, že obsah jednotlivých složek není veličinou stálou, nýbrž se mění řadou faktorů, z nichž jsou to např.: odrůda, půdně klimatické poměry, hnojení, pěstitelská agrotechnika, stupeň zralosti při sklizni, podmínky skladování apod. [12]. Pokud dojde k oslabení jednoho z těchto článků dojde k poškození kvality brambor [38]. Při šlechtění brambor byla vždy snaha, aby odrůdy vykazovaly z hlediska kvality i kvantity optimální hodnoty pro jednotlivé užitkové směry. Tak například škrobárenské brambory mají mít maximální obsah škrobu, konzumní brambory maximální obsah vitamínu C apod. [9].

Mezi základní látky bramborové hlízy patří: voda, škrob, cukry, N-látky, vláknina, tuk a minerální látky. Kromě toho brambory obsahují ještě další důležité složky, které

ovlivňují její chuť, nutriční a biologickou hodnotu jako vitamíny, alkaloidy, organické kyseliny, polyfenoly aj. [13].

K rozhodujícím parametrům patří obsah sušiny, který ovlivňuje kvalitu produktu a rentabilitu zpracování. U brambor určených k přímé spotřebě je vyšší obsah sušiny charakteristický pro varný typ C, u salátových odrůd (varný typ A) je obsah sušiny nižší. U odrůd určených pro zpracování na potravinářské výrobky a na výrobu škrobu a lihu je relativně vysoký obsah sušiny podmínkou [29].

Příklad látkového složení podle tří literárních zdrojů je uveden v tabulce 1. (viz. příloha P. I.)

Jednotlivé složky nejsou v hlíze rovnoměrně rozloženy. Popeloviny, tuk, 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 (kambiálního kruhu).

Voda zaujímá v bramborové hlíze největší podíl (zhruba 76 % hmotnosti) a plní v rostlině významné metabolické funkce (biosyntéza organických sloučenin, doprava asimilátů a metabolitů, teplotní regulátor) [13]. Vyskytuje se v buňkách brambor v několika formách a to jako voda volná, dále voda hydratační a konečně voda vázaná. Hydratační voda a voda vázaná jsou vázány na různé koloidní stěny (bílkoviny, škrob) [24]. V úzkém vztahu k obsahu vody v hlíze je tzv. voda hlízková, což je v podstatě buněčná šťáva vakuol, obsahující více či méně látky rozpustné ve vodě, které jsou pevně vázány na buněčná tělíka [8].

Sušina hlízy, v průměru kolem 24 %, je tvořena ze 70 % škrobem, 9,5 % tvoří N-látky, 1 % tuk, 3 % cukry, 2,5 % organické kyseliny, 2,5 % minerální látky, 11 % připadá na balastní látky a 0,5 % tvoří zbytek (vitamíny apod.) [13]. Obsah sušiny je variabilní a závisí na vegetačních podmínkách daného ročníku, na agrotechnice a odrůdě [14]. Výše obsahu sušiny je ovlivněna odrůdou a to z 81,58 %, prostředí působí na obsah sušiny z 10,85 % [37]. Přírůstek sušiny je v počátku tvorby hlízy rychlejší [14]. Tvorbu sušiny a škrobu příznivě ovlivňuje sluneční svit [12].

Škrob je nejvýznamnější složkou hlízy, v níž rostlina ukládá zásobu potenciální energie [12]. Škrob tvoří podstatnou část sušiny [14]. Škrob je nejvýznamnějším zdrojem sacharidů v potravě člověka. Je to zásobní polysacharid rostlin (obilovin, brambory, luště-

niny, zelenina) [30]. Z hlediska energetického lze říci, že u brambor (70 kcal – 293 kJ) představuje 15 % obsah škrobu 61 kcal (255 kJ), tj. 87 % celkového energetického obsahu sušiny [2]. Pro své specifické vlastnosti našel uplatnění v mnoha průmyslových oborech včetně potravinářské výroby [14].

Škrob je tvořen α - glukosidovými řetězci. Sloučenina, která dává hydrolyzou pouze glukosu je homopolymer zvaný glukosan nebo glukan [19].

Škrob není jednotnou látkou, nýbrž směsí dvou polysacharidů [31]. Které se dělí podle rozpustnosti ve vodě a také se liší strukturou. Ve vodě rozpustná část (asi 20 %) amylosa, má rovný nevětvený polysacharidový řetězec. Nerozpustná část (amylopektin) má polysacharidový řetězec větvený [5]. Amylosa barví roztok jodu modře. Základ její struktury tvoří maltosové jednotky spojené vazbou (1 → 4) v dlouhé lineární řetězce spirálovitě svinuté. Molekula amylosy obsahuje 250–1000 glukosových zbytků. Kyselou hydrolyzou se amylosa štěpí přes maltosu na D-glukosu. Amylopektin se jodem barví fialově. Skládá se asi z 3000 glukosových zbytků. V molekule amylopektinu se kromě vazeb mezi 1. a 4. uhlíkem vyskytuje i vazby 1 → 6. Amylopektin obsahuje také malé množství esterově vázané kyseliny fosforečné (0,17 % P_2O_5). Hydrolyzou amylopektinu pomocí enzymů amylas vznikají nízkomolekulární dextriny, maltosa a isomaltosa.

Produkty neúplné hydrolyzy škrobu označujeme jako dextriny. Jsou to amorfnní, barevné nebo nažloutlé látky, rozpustné ve vodě, nerozpustné v alkoholu, které se jodem barví různě, podle délky řetězce. Dextriny vznikají také zahříváním škrobu na teplotu asi 160°C - tato přeměna nastává při pečení např. chleba. Dextriny jsou nezkvasitelné kvasinkami, takže zůstávají obsaženy např. v pivě, kde vznikly při výrobě neúplnou enzymovou hydrolyzou škrobu. V technické praxi se využívá dextrinů k přípravě lepidel, k impregnaci tkanin, papíru apod. [32].

Obsah škrobu určuje také energetickou a konzumní hodnotu brambor. Bylo zjištěno, že existuje vztah mezi obsahem škrobu v hlíze a kvalitou brambor, jako je moučnatost, konzistence, měkknutí hlíz apod. [9]. Brambory obsahují v průměru 17 % škrobu a jeho množství kolísá v našich poměrech od 13 % do 24 % podle odrůdy, klimatických podmínek a agrotechniky. Škrob tvoří hlavní podíl sušiny, přičemž **neškrobový podíl**, který je poměrně málo proměnlivou hodnotou slouží často k orientačnímu určení sušiny při zná-

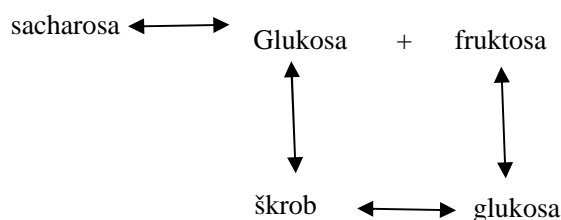
mém množství škrobu. Škrobová zrna se nacházejí hlavně v parenchymu po obou stranách kambiálního prstence, mají elipsovitý tvar a velikost 15-100 μm [12].

Brambory mají typický lasturovitý tvar škrobových zrn. Podíl jednotlivých velikostí škrobových zrn je závislý na odrůdě, průběhu vegetace a podmínkách pěstování. Obecně však platí, že na počátku vegetace vytvořená zrna spíše zvětšují svůj objem, než aby se tvořila nová zrna. Rozložení škrobových zrn v bramborové hlíze není rovnoměrné. Typickou charakteristikou bramborového škrobu jsou jeho fyzikálně chemické vlastnosti. Ve vodním prostředí bobtná – zvětšuje svůj objem a vytváří mazy o různé viskozitě. Toto bobtnání je závislé na teplotě a pH prostředí a v neposlední řadě na velikosti zrna a jeho složení. Bobtnání škrobových zrn je rovněž úzce spjata s chováním brambor při vaření. Škrobová zrna postupně zvětšují při vaření svůj objem, vytvářejí tak tlaky na buněčné stěny, které podle svých vlastností, se pak deformují, až mohou prasknout a uvolnit buněčný obsah do obklopujícího prostředí. Výsledkem tohoto procesu je pak rozváření brambor v různém stupni [2].

Škrobová zrna během vegetace zvětšují svůj objem [24]. Škrobová zrna se v průběhu skladování zmenšují a ztrácejí lesk [14]. Nejvíce škrobu obsahují zpravidla středně velké hlízy. Obsah škrobu a velikost škrobových zrn má značný význam při průmyslovém zpracování brambor. Při zpracování na potravinářské výrobky vyšší obsah škrobu snižuje náklady na sušení a spotřebu oleje při smažení [12].

Existuje korelace mezi specifickou hmotností, celkovou sušinou a obsahem škrobu. Obsah škrobu se při nízkých teplotách skladování snižuje v důsledku konverze na cukr pomocí enzymů a naopak při vyšších teplotách se může obsah škrobu v bramborách zvýšit konverzí cukru na škrob [14].

Všechny redukující **cukry** ve vyzrálých a dobře skladovaných hlízách se nacházejí v malém množství (kolem 0,5 %), ale mají velký význam při zpracování brambor [12]. Obsah redukujících cukrů v bramborách kolísá od stopového množství až k 10 % sušiny hlíz. Malé hlízy obsahují vyšší procento cukru než hlízy velké [14]. Cukry syntetizované v listech jsou ve formě sacharosy transportovány do hlízy, kde existuje stav dynamické sacharidické rovnováhy, který může být zjednodušeně vyjádřen vztahem:



Při teplotě 10-20°C je obsaženo ve vyzrálé hlíze při této rovnováze asi 98 % škrobu a ostatní cukry jsou jen v malém množství. Obsah cukrů výrazně **ovlivňuje teplota** skladování brambor. Pod 10°C stoupá podíl redukujících cukrů i sacharosy [12]. Nahromadění cukrů však lze odstranit tzv. *rekondicí*, tj. pokud jsou několik dní hlízy uskladněny při 15-18°C [16].

Obsah redukujících cukrů má velký význam u potravinářských výrobků z brambor, kde nepříznivě ovlivňuje barvu, chuť i skladovatelnost výrobků [12]. Nasládlé hlízy mají po uvaření měkkou konzistenci [14]. Dochází také k **Maillardově reakci**, při níž redukující cukry reagují za tepla s aminokyselinami s α -aminoskupinou za vzniku hnědých meziproductů, jež přecházejí v tmavé polymerizované nerozpustné **melanoidiny**.

Neškrobové polysacharidy, tvořící hlavně buněčné stěny a intracelulární součásti, označované jako hrubá vláknina, jsou tvořeny celulosou, hemicelulosou, pentozy a pektinovými látkami a jejich množství je uváděno 1,40-3,06 % v sušině. Podíl **celulosity** činí asi 10-20 %, podíl **hemicelulosity** obsahující uronovou kyselinu vázanou s pentozy je menší, u pentozanů se uvádí 5,5-8,5 % z celkových neškrobových polysacharidů [12]. Rostlinné polysacharidy se lidským trávením neodbourávají; jejich obsah se hodnotí pomocí fyziologicky aktivních enzymů. Vláknina je prospěšná pro lidské zdraví, protože je schopna poutat značné množství vody; slouží jako substrát pro bakterie a má *laxativní* (projímavé) účinky [16]. **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. Podíl pektinových látek v čerstvé hmotě činí 0,21-0,41 %, ale jsou uváděny i vyšší hodnoty. V průběhu zrání hlízy obsah protopektinu stoupá, při skladování jeho množství klesá, s čímž souvisí rozvářivost hlíz.

N-látky „hrubý protein“ (celkový dusík x 6,25), kterých brambory obsahují kolem 2,0 % v sušině, jsou pro výživu lidí i zvířat velmi významné. Na **bílkoviny** připadá asi 1/3-1/2 a dále, bývá uváděno 0,5-1,2 %, nebílkovinného dusíku, který tvoří **volné amino-**

kyseliny v množství 3,4 %, *amidy* 36 %, dále jsou přítomné *bazické dusíkaté sloučeniny*, purinové deriváty adeninu aj., glykoderiváty cholinu aj., rovněž steroidalkaloid solanidin. Byly nalezeny i aminy jako metylamin, n-propylamin aj. [12]. V hlíze je dusík rozložen nerovnoměrně. Nejbohatší na dusíkaté látky je felogénová vrstva pod slupkou, nejméně jich obsahuje parenchym kolem kambiálního kruhu [8].

Bramborová bílkovina je tvořena převážně globuliny (tuberin), přítomné jsou i albuminy a malý podíl prolaminů a glutelinů, a proto je po biologické stránce vysoce hodnotná. Při skladování se obsah N-látek výrazně nemění. Vysoké dávky dusíku mohou být příčinou zvýšeného obsahu dusičnanů např. při hnojení brambor [12].

Bílkoviny mají vysokou biologickou hodnotu. Zvláště je ceněn vysoký obsah lysinu, naopak obsahují málo methioninu a cysteinu. Hlavní bílkovinou složkou v bramborách je *patatin*, který vykazuje velkou esterovou aktivitu [43]. Z bílkovin tvoří jeho obsah 40 % [16]. Bramborová bílkovina má vyšší biologickou hodnotu než bílkovina ovesa, ječmene, pšenice, hrachu a fazolu. Kromě toho brambory obsahují četné volné aminokyseliny, které také zvyšují jejich biologickou hodnotu. Nevyzrálé a malé hlízy jsou na dusíkaté látky bohatší než vyzrálé. Při skladování se obsah dusíkatých látek výrazně nemění, avšak jednodušší dusíkaté látky bývají často příčinou rozkladných hnilobných procesů.

V poslední době jak u nás, tak i v cizině lze pozorovat snahy o vyšlechtění odrůd s vyšším obsahem bílkovin, což by mělo význam nejen pro konzumní a krmné účely, ale i pro průmysl vzhledem k dokonalejšímu využití sušiny brambor [8].

Lipidy, často uváděné jako hrubý tuk, což je obvykle petroléterem vyextrahovatelný podíl, obnáší u brambor asi 0,1 % a jeho největší podíl se nachází v peridermu. Převládají v něm nenasycené mastné kyseliny – linolová (50 %), linolenová (20 %), palmitová (20 %), stearová (5 %), celkově je však poměrně stabilní, jen u sušených výrobků, kde se jeho koncentrace zvyšuje čtyřnásobně, dochází oxidací ke změně vůně a chuti. Proto se při sušení brambor používají antioxidanty. Uvádí se, že rané brambory mají vyšší podíl tuku oproti pozdním.

Minerální látky (popeloviny) jsou obsaženy v hlíze v průměru 1 % čerstvé hmoty, převážně ve slupce. Jejich množství bývá uváděno obvykle v oxidech v procentech z popela. V průměru činí podíl K_2O 56 %, P_2O_5 15 %, SO_3 6 %, MgO 4 %, Na_2O 3 %, CaO 1,5 %, SiO_2 1,0 %. Biologický význam minerálních látek v bramborách spočívá

v *převaze složek zásaditých* (K, Na, Ca, Mg), jež jsou zastoupeny asi ze 70 %. Kyselé složky (P, S, Cl, Si) jsou zastoupeny asi ze 30 %, čímž přispívají, podobně jako ovoce a zelenina, k vyrovnaní acidobazické rovnováhy v organismu [12]. Poměr kyselých a zásaditých složek je tedy opačný než u obilovin. Z konzumního a krmného hlediska považujeme však brambory za produkt z nízkým obsahem minerálních látek, zejména pro nízký obsah fosforu a vápníku. Nejvíce popelovin je obsaženo ve slupce [8]. Brambory jsou však také zdrojem těžkých kovů. Jejich obsah lze snížit loupáním (např. obsah kadmia a zinku se sníží o 20 %, olova o 80-90 % a niklu o 40-50 %) [16]. Ztráty na minerálních látkách jsou odvislé od způsobu kuchyňské přípravy brambor.

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 (B₁) 0,11 mg, riboflavinu (B₂) 0,05 mg, pyridoxinu (B₆) 0,19 mg, provitaminu A 0,03 mg. Kolísání obsahu vitaminů je dáno odrůdou a průběhu klimatických podmínek .

Největší význam má **vitamin 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 [12]. Brambory z vyšších poloh obsahují vitamínu C více než brambory z poloh nižších [8]. V práci [12] uvádí autor, že u oloupaných brambor, uchovaných pod vodou, dochází ke zvýšení obsahu vitamínu C pravou biosyntézou. Vitamin C se v přítomnosti železa a kyslíku snadno oxiduje [8]. **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 [12].

Organické kyseliny, jejichž průměrný obsah je asi 1,2 %, podmiňují aciditu buňčné šťávy (pH 5,6-6,5) a její pufrovací funkci. Mezi nejdůležitější patří v bramborové hlíze kyselina citrónová, jablečná, isocitrónová, vinná, α -ketoglutarová aj. Největší podíl připadá na kyselinu citrónovou a jablečnou (asi 1 % v čerstvé hmotě), jejichž obsah se během skladování mění, což naznačuje možnost jejich vzájemné přeměny [12]. Při hnojení hnojivy s nitrátovým dusíkem je obsah kyselin zpravidla vyšší než při použití hnojiv s dusíkem amonným [8].

Glykoalkaloidy byly z brambor izolovány poprvé v roce 1820 [8]. Glykoalkaloidy (GA), také steroidní glykoalkaloidy (SGA) brambor, často hlavně dříve uváděné pod společný název *solanin* jsou přirozené toxiny, vyskytující se ve všech částech rostliny. Nejvyšší hladiny jsou v květech, nezralých bobulích, mladých listech a klíčcích, v hlízách je jich mnohem méně. Kde jsou koncentrovány ve slupce a korové vrstvě [12]. V dužnině jich bývá asi $7 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ čerstvé hmoty a v jejich slupkách až 60 mg [16]. Koncentrace přes $20 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ čerstvé hmoty je považována za toxickou nejen pro člověka, ale i pro zvíře [23].

Hlavní glykoalkaloidy jsou *α -solanin* a *α -chaconin*, (uvádí se poměr 1:1,7), a představují asi 95 % celkových glykoalkaloidů v hlíze brambor.

GA jsou složeny ze tří strukturních částí:

- Hydrofilní sacharidická část
- Lipofilní steroidní část
- Heterocyklická dusíkatá bazická část

Obě hlavní sloučeniny (*α -solanin* a *α -chaconin*) mají shodný bezcukerný aglykon, zvaný solanidin (shodná lipofilní a dusíkatá bazická část) a liší se sacharidickou částí (glukosa, galaktosa, rhamnosa). Vedle *α -formy* existuje *β -* a *γ -forma*, lišící se počtem a druhem sacharidů.

Je známo, že obsah GA je geneticky fixován a je ovlivněn stupeň zralosti (nezralé hlízy mají vyšší obsah GA), povětrnostními podmínkami během vegetace (v suchém, teplém období vyšší obsah), mechanickým poškozením (zvyšuje obsah GA) a podmínkami při skladování (osvětlení, teplota, délka).

U většiny kulturních odrůd brambor se glykoalkaloidy vyskytují v rozmezí $12\text{--}150 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty, hygienický limit je $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ [12]. Projevují se hořkou, palčivě-škrablavou chutí. Vyvolávají poruchy trávicího a zažívacího ústrojí, ochrnutí a anemii [16].

Další symptomy toxicity glykoalkaloidů jsou např. strnulý pohled, rozšířené zornice, třes, motolice, slabost a někdy také křeče [26]. Při vaření se asi 30-40 % GA vylouží, při smažení v tuku přistupuje ještě termický efekt, takže ztráty činí 52 % [12].

Barevné látky (pigmenty) v dužině hlízy patří mezi karotenoidy. U variet jsou uváděny hodnoty: s bílou dužinou 0,014-0,054 mg.100 g⁻¹ sušiny, se žlutou dužinou 0,110-0,187 mg.100 g⁻¹ sušiny. Novější údaje se pohybují v intervalu 0,013–0,14 mg. 100g⁻¹ sušiny. Byly izolovány zejména pigmenty α -karoten, β -karoten, lutein, violoxantin aj. Vedle odrůdy obsah karotenoidů ovlivňují klimatické podmínky i stupeň zralosti. V posledním desetiletí bylo prokázáno, že všechny karotenoidy jsou účinnými antioxidanty a u některých byl prokázán příznivý vliv na prevenci rakoviny. Slupky některých odrůd mají červené nebo modré zbarvení, jež je přičítáno antokyanům [12].

Všechna tato barviva, kromě chlorofylu, neovlivňují kvalitu hlíz. Preferování určité barvy dužniny (např. žluté) je otázkou spíše názoru spotřebitele, danou regionální zvyklostmi [2].

Fenoly jsou odpovědné za hnědé a modrošedé zbarvení brambor po rozkrájení. Vedle aminokyseliny tyrosinu a fenolických barevných látek typu antokyanidinu, flavonu a flavonolu, jsou to hlavně tyto sloučeniny: kyselina chlorogenová (Obr. 4), kyselina kávová, kyselina kumarová a deriváty laktonu kumarové kyseliny [13]. Fenoloxidáza se inaktivuje při teplotách nad 80°C. Nižší teploty průběh reakce zpomalují, kdežto přítomnost železa naopak aktivitu silně zvyšuje. Optimální hodnoty pH pro působení fenoloxidázy se pohybuje mezi 6-8. Bohaté srážky a vysoké dávky dusíku, zejména ve formě močoviny mají kladný, kdežto hnojení KCl a pozdní sázení brambor záporný vliv na obsah tyrosinu (Obr. 5) [8].

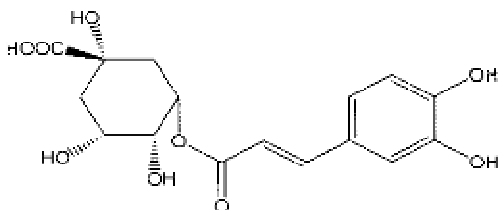
Při zpracování brambor mají význam 3 druhy zbarvení:

1. enzymatické, ke kterému dochází jen v syrovém stavu
2. tmavnutí po uvaření (after cooking blackening)
3. neenzymatické hnědnutí (Maillardova reakce) při smažení a sušení, rovněž při skladování sušených bramborových výrobků [13].

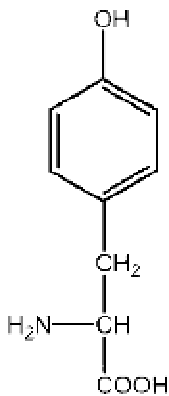
Enzymatické zbarvení se vyskytuje při krájení, řezání nebo strouhání syrových brambor, tj. při všech úkonech, kdy jsou buňky v hlízách poškozeny a vystaveny působení vzduchu [2]. Zpočátku se barví hlízy červenohnědě, později vzniká tmavohnědá barva, až konečný výsledek je černohnědá barva produktu [41]. Tuto reakci způsobuje oxidace tyrosinu na melanin, za přítomností enzymů, které obecně nazýváme polyfenoloxidázy. Tyto enzy-

my řadíme do skupiny oxidoreduktáz a jejich aktivita je závislá na kyselosti prostředí, teplotě, odrůdě brambor a na dalších faktorech [42]. Reakce neprobíhá při teplotách nad 80°C a za nepřítomnosti kyslíku. Přítomnost železa podporuje průběh reakce. Vedle tyrosinu se spolupodílí na této reakci i kyselina chlorogenová.

Tmavnutí po uvaření je ovlivněno přítomností železa, kyseliny kávové, chlorogenové a kyseliny citrónové. Rovněž tak pH má vliv na stupeň zbarvení. Kyselina chlorogenová vytváří se železem tři komplexy: monofenolát při pH 5,5 (zelená barva), difenolát při pH 6,5 (barva šedomodrá) a trifenolát při pH 7,5 (barva hnědá). U brambor dominuje difenolát. Kyselina citrónová má velký vliv na snížení intenzity tohoto zbarvení, protože je schopna vázat železo [2]. Volbou vhodné odrůdy lze částečně předcházet i šednutí dužiny [40]. Na změnu barvy má vliv především průběh počasí, fyziologické vyžrání hlíz a výživa. Nejčastěji se s touto vadou setkáváme u velmi ranných a ranných odrůd brambor, které jsou brzy sklizeny a u nichž není slupka dostatečně fyziologicky vyžralá. U pozdějších sklizních nebývá změna barvy již tak častá [41].



Obr. 4. Struktura kyseliny chlorogenové



Obr. 5. Struktura tyrosinu

Enzymy jsou bílkoviny o vysoké molekulové hmotnosti. V některých případech jsou kombinovány s kovy nebo s jinými skupinami. Bývají klasifikovány nejčastěji na základě jejich funkce na hydrolázy, lyázy, transferázy, izomerázy, oxidoreduktázy, syntetázy. Některé enzymy mají důležitost i z hlediska zpracovatelského průmyslu, jako např. polyfenoloxidáza. Tento enzym katalyzuje oxidaci tyrosinu na tmavě zbarvené produkty. Aktivita enzymů se mění během růstu hlíz a i mezi odrůdami je různá [2].

Většina **aromatických látek** vzniká teprve při zahřívání brambor. Bývá uváděno, že významnou složkou vůně brambor jsou těkavé sirné sloučeniny. Zhruba 90 % těkavých sirných sloučenin je tvořeno dimethyldisulfidem a methylmerkaptanem. Těkavé sirné sloučeniny vznikají především odbouráním sirných aminokyselin. Reakcí cukrů (především fruktózy) s aminokyselinami vznikají těkavé aldehydy s krátkým řetězcem. Aldehydy a ketony s dlouhým řetězcem vznikají autooxidací tuků. Pokud jsou brambory zpracovány na zušlechtěné výrobky, jsou tyto obohaceny o další aromatické sloučeniny, které však vznikly převážně z použitého oleje nebo tuku. Z hlediska koncentrace lze říci, že 88-98 % těkavých sloučenin pak představují methylalkohol a ethylalkohol [2].

2 Význam biogenních prvků pro rostliny

Úkolem výživy rostlin v užším slova smyslu je objasnit procesy začleňování látek s nízkou chemickou energií do látek organických za spoluúčasti energie získané jinými metabolickými procesy rostlin, které by vedly k tvorbě další biomasy. Právě autotrofní organismy mají schopnost přetvářet anorganické látky (prvky) za účasti kinetické sluneční energie, kterou tímto způsobem transformují na energii chemickou. Vedle základních biogenních molekul jako je H_2O a CO_2 , a které jsou zdrojem C, O, H musí mít rostlina k dispozici další biogenní prvky, které se stávají živinami převážně v iontové formě. Živinami pak označujeme takové prvky, které živý organismus potřebuje k zajištění svých životních funkcí. Je-li tento prvek alespoň jednou v ontogenetickém cyklu rostliny nezbytnou živinou, pak je jednoznačně **biogenní** povahy. Z praktického hlediska však není možné provádět tak úzkou specifikaci, a proto se běžně biologicky nejdůležitější prvky mohou rozdělit do skupin:

- **makroelementy** vyskytující se od desetin po desítky procent (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S),
- **mikroelementy** -obsah se pohybuje pod desetinu procent (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, ...),
- **užitečné prvky** požadavek na ně je specifický podle druhu rostliny (Na, Cl, Si, Al, Ti, aj.),
- **ostatní prvky** - obsaženy v rostlinách jako důsledek zvýšeného přirozeného obohacení nebo pod vlivem antropogenní činnosti člověka (cizorodé prvky Cd, Pb, Cr, As, Be, Ni aj.).

Toto rozdělení však nevystihuje význam jednotlivých živin, a proto navrhl Mengel a Kirkby (1978) rozdělení živin podle fyziologických a biochemických vlastností, které je uvedeno v tabulce 2.

Tab. 2. Rozdělení živin podle fyziologických a biochemických vlastností.

Skupina	Živina	Příjem	Biochemické funkce v rostlině
1	C, H, O, N, S	ve formách CO_2 , HCO_3^-	- hlavní složky organ. látek
		H_2O , O_2 , NO_3^- , NH_4^+	- základní prvky enzymatických procesů
		SO_4^{2-} , SO_2	- zúčastňuje se oxidačně redukčních reakcí
2	P, B, Si	ve formách fosfátů, kys. borité, borátů, silikátů	- esterifikace nativních alkoholových skupin
			- fosfátové estery se zúčastňují přenosu energie
3	K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl	v iontových formách z půdního roztoku	- vyznačují se nescifickými funkcemi, které řídí osmotický potenciál
			- specifikují činnost enzymových proteinů - aktivují enzymy
			- vyrovnávají nedifúzní a difúzní anionty
4	Fe, Cu, Zn, Mo	ve formách iontů nebo chelátů z půdních roztoků	- převládají v chelátových formách inkorporovaných do prostetických skupin
			- umožňují elektronový transport se změnami valence

Dalším možným rozdělením živin je dělení podle jejich fyzikálně chemické povahy [3]:

Tab. 3. Rozdělením živin je podle jejich fyzikálně chemické povahy na kationty a anionty

Kationty			Anionty		
Jednomocné	dvojmocné	trojmocné	jednomocné	dvojmocné	trojmocné
H ⁺	Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	OH ⁻	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
Na ⁺	Ca ⁺⁺		Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	
K ⁺	Fe ⁺⁺	Fe ⁺⁺⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	
NH ₄ ⁺	Zn ⁺⁺		H ₂ PO ₄ ⁻	B ₄ O ₇ ²⁻	
	Cu ⁺⁺		HCO ₃ ⁻	MoO ₄ ²⁻	
	Mn ⁺⁺				

Funkce těchto prvků nemůže být nahrazena jinou chemickou látkou, jsou nezbytné (existenční). Lze je charakterizovat následujícími vztahy k rostlině:

- nepřítomnost prvku nedovoluje rostlině dokončit úplný vegetační nebo reprodukční proces,
- symptomy strádání nedostatkem tohoto prvku se dají odstranit jen jeho aplikací a jsou pro něj specifické,
- prvek se přímo účastní fyziologických dějů v rostlině a nepůsobí jen na vhodnou úpravu některého faktoru mimo organismus [4].

K zjištění prvků, které rostlina potřebuje k svému růstu a vývoji používáme chemické analýzy rostlin a vegetační pokusy. Chemické složení rostlin u jednotlivých orgánů je různé a mění se v průběhu vývoje (ontogeneze) podle druhu pěstované rostliny (Tab. 4).

Tab. 4. Chemické složení rostlin v % podle jednotlivých orgánů a fází ontogeneze jarní pšenice (Richter 1972)

	N	P	K
Nadzemní část			
odnožování	5,75	1,13	6,38
Sloupkování	3,41	0,81	5,07
metání	2,18	0,50	4,65
sklizeň – zrno	3,95	0,74	0,99
- sláma	1,27	0,46	4,32
Kořeny			
Odnožování	3,83	0,92	4,47
Sloupkování	2,82	0,59	2,87
metání	2,55	0,66	2,36
sklizeň	2,87	0,92	0,86

Znalost chemického složení rostlin umožňuje zjistit, které živiny rostliny obsahují, v jaké formě a množství, v jakém poměru, a to buď v jednotlivých fázích vývoje nebo při sklizni (v hlavním i vedlejším produktu). Pokud známe i hmotnost rostlin (na jednotku plochy nebo průměrnou hmotnost 1 rostliny) můžeme stanovit množství odčerpaných živin (ve fázích vývoje nebo při sklizni), se kterými musíme počítat při vypracování systému hnojení konkrétní plodiny.

V průběhu ontogeneze se koncentrace živin v rostlinách mění. Mladé tkáně mají vyšší koncentraci než starší. Změny v obsahu hlavních živin (N, P, K) během ontogeneze obilovin znázorňuje obrázek 6.



Obr. 6. Obsah N, P, K v ovsu během ontogeneze (Mengel, Kirkby 1978)

Množství odčerpaných živin je závislé v průběhu vegetace na hmotnosti rostliny nebo na výši výnosu. Variabilita těchto hodnot je ovlivňována řadou dalších faktorů, k nimž patří ekologické podmínky, geneticky fixované vlastnosti odrůdy aj. Hodnoty odběru hlavních živin u některých plodin v $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ uvádí tabulka 5.

Tab. 5. Průměrný odběr čistých živin v kg na 1 tunu hlavního produktu

Plodina	Druh živiny [kg]			
	N	P	K	Mg
Pšenice ozimá	25,0	5,0	20,0	2,4
Ječmen ozimý	26,0	5,7	24,0	1,8
Zito ozimé	24,0	6,1	21,6	2,4
Oves	26,0	6,1	24,1	2,4
Brambory (hlízy)	5,0	0,9	6,6	0,9
Cukrovka (bulvy)	4,4	0,7	4,7	0,8
Řepka ozimá	50,0	10,9	49,8	4,8

Interakce vnitřních a vnějších vegetačních faktorů jsou hlavním důvodem toho, že usměrňování růstu a vývoje rostlin výživářskými opatřeními je velmi obtížné a nelze vždy počítat s plným efektem [17].

2.1 Příjem živin kořeny

Příjem živin kořeny rostlin z půdy je zajišťováno absorpčními povrchy kořenů. V kulturních půdách prostupují kořeny hustě půdou, avšak přesto je jejich povrch výrazně menší než je povrch půdních částic nebo povrch vodních filmů.

Pohyb živin ke kořenům rostlin se děje:

- **absorpci iontů živin z půdního roztoku.** Řada iontů může být přijímána přímo kořeny rostlin z půdního roztoku, avšak jejich koncentrace je velmi nízká. NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ aj. jsou obsaženy v půdním roztoku v koncentracích 100 mg.l^{-1} a vyšších, zatímco u fosforečnanů a řady mikroelementů je to pod 1 mg , případně až pod $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$. Obsah iontů odčerpaných z půdního roztoku se doplňuje z pevné fáze půdy.
- **výměnnou absorpci adsorbovaných živinných iontů.** Kořen uvolňuje H^+ a HCO_3^- jako disociační produkty vydýchaného CO_2 , a tím podporuje výměnu iontů na povrchu jílových a humusových částic a získává tak živinné ionty.
- **zpřístupňováním živin vázaných v půdní zásobě** pomocí vylučovaných H^+ iontů a organických kyselin. Tím dochází ke zpřístupňování živin z chemických sloučenin a tvoří se chelátové komplexy. Chelatizace chrání kovy před vznikem opětovné pevné vazby a cheláty jsou pak snadno přijímány kořeny rostlin. Intenzita exkrece závisí na rychlosti respirace, a tím i na dostupnosti kyslíku a sacharidů kořenům.

Živiny jsou tedy ke kořenům dopravovány: kontaktní výměnou nebo objemovým tokem a difúzí. Ke kontaktní výměně dochází mezi povrchem kořenů a povrchem půdních kolidů. Umožňuje přímou výměnu uvolňovaného H^+ z kořene rostlin za kationty půdních kolidů. Tato výměna se podílí na celkovém příjmu iontů malým podílem. Objemový tok probíhá tehdy, když se transportuje jako konvenční tok vody z půdního roztoku do kořene. Velikost objemového toku závisí od velikosti toku vody jako rozpouštědla a od koncentrace iontů v ní. Existuje tedy kontinuální výměna iontů mezi pevnou fází půdy a půdním roztokem a ten představuje největší zdroj živin. Přijatelnost živin závisí od chemického poten-

ciálu iontů v půdním roztoku, teploty půdy, kapacity půdy ionty vázat a uvolňovat během růstu rostlin, od celkového množství iontů v systému půda - půdní roztoky, od pohyblivosti iontů aj. [17].

Důležitým faktorem ovlivňujícím příjem iontů je koncentrace a aktivita iontů v půdním roztoku [7]. Čím je vyšší obsah iontů v roztoku, tím menší vzdálenost musí rostoucí kořen překonat, aby se vytvořily podmínky pro jeho povrchovou sorpci.

Existence dynamické rovnováhy mezi ionty v půdním roztoku a mezi ionty poutanými způsobuje, že jsou po odčerpání rostlinou opět do půdního roztoku doplňovány uvolněním ze sorpčních vazeb, z krystalových mřížek, z organických látek. Ionty, které se dostávají k povrchu kořenů mohou být povrchově adsorbovány nebo mohou pronikat hlouběji do pletiva. Z toho vyplývá, že příjem živin kořeny probíhá povrchovou adsorpcí iontů, která má výměnný charakter a je způsobena negativními valencemi karboxylových skupin pektinových látek buněčných stěn kořenových buněk. Výměnná sorpční kapacita kořenů (CEC) závisí u rostlin na druhu, odrůdě a stáří rostliny. V zásadě je CEC kořenů vyšší u rostlin dvouděložných proti jednoděložným a u mladších proti starším rostlinám [17].

Na příjmu živin kořeny se podílí všechny mladé části kořenů a zvláště zóna kořenového vlásnění, která až stokrát zvyšuje povrch kořene [7]. Růstová zóna kořenů je však ve srovnání s růstovou zónou stonků krátká. Tak primární kořen pšenice má růstovou zónu 4-5 mm, kukuřice 7-8 mm. Počet kořenových vlásků na 1 mm délky kolísá podle vlhkosti, provzdušnění půdy a druhu rostliny.

Kořenové vlásky vznikají akropetálně a mají omezenou životnost (asi 10-12 dní). Postupným nárůstem nových vlásků je umožňováno stále nové a nové spojení rostliny s půdním prostředím. Tím dochází i k vzájemnému ovlivňování nejbližšího půdního prostředí kořenovými výměšky (exkrety). Exkrety obsahují organické a anorganické látky. Kořenové výměšky mohou být látkami difuzibilními (plynné - volatilní; ve vodě rozpustné) nebo nedifuzibilními. Spolu s organickými látkami se do kořenového prostředí vylučuje také značné množství iontů, které je závislé od složení půdního roztoku, velikosti příjmu iontů a od intenzity fyziologických procesů v rostlině v souvislosti s udržení elektroneutrálnosti buňky.

Kořenové výměšky ovlivňují v půdním prostředí svou přítomností rozpustnost některých minerálních sloučenin (fosfor), obsahem cukrů, aminokyselin podporují rozvoj

půdní mikroflóry (mykorrhiza). Uvedenými procesy dochází k neustálým změnám ve složení půdního roztoku a obsahu přijatelných živin. Rostliny mohou přijímat živiny kořeny ve formě **malých molekul bez elektrického náboje** nebo ve **formě kladně nebo záporně nabitých iontů** řady prvků. Přitom některé živiny mohou být přijímány v různých formách (např. dusík) [17].

2.2 Význam makroprvků pro rostliny

2.2.1 Vodík, kyslík, uhlík

Tyto prvky tvoří skupinu biogenních prvků vzájemně dobře slučitelných [18]. Uhlíkaté skelety tvoří hlavní podíl sušiny živé hmoty (95 % i více u vegetativních orgánů). V různých fázích vývinu rostlin se tato hodnota mění a určuje vztah mezi základními chemickými složkami rostlinného těla (N/C, P/C aj.) [17].

Vodík se vyskytuje jako vysoce mobilní proton (H^+) nebo je vázán kovalentně ve vodě a všech organických sloučeninách [18].

Kyslík vstupuje spolu s uhlíkem do organických látek v molekule CO_2 , další cestou je adice OH^- při hydrolyze, fosforolyze nebo při adici vody k dvojným vazbám. V kořenech jeho nedostatek výrazně omezuje fyziologické pochody, snižuje příjem vody a živin, omezuje růst kořenů.

Uhlík ve formě CO_2 je hlavním zdrojem veškerého organického světa na Zemi [17]. Největším jeho dodavatelem, ale i regulátorem jsou světové oceány. Významným zdrojem CO_2 jsou také fosilní paliva [18]. Vegetace naší planety spotřebuje ročně asi 8 % veškerého CO_2 ze vzduchu, což představuje v průměru 150-220 kg CO_2 na ha [17].

Cesty utilizace a přeměn uhlíku jsou biologií fotoautotrofní rostliny. Uhlík je přijímán ve formě CO_2 průduchy listů a v malém množství i kořeny jako aniont HCO_3^- . V průběhu fotosyntézy je světelná energie absorbována v chloroplastech a přijímána molekulami chlorofylu a dalších aktivních pigmentů na ADP z něhož vzniká energeticky bohatší ATP. Ve druhé fázi dochází k vlastní vazbě CO_2 do organických sloučenin. Tato reakce probíhá ve tmě a vlastním akceptorem CO_2 je u rostlin **typu C₃** ribulosa-1,5 – bifosfát (RuBP) (pentosa), ze kterého po reakci vzniknou 2 molekuly 3-fosfoglycerátu (podle Calvinova cyklu). 3-fosfoglycerát je redukován za účasti ATP na glyceraldehydfosfát, který je dále

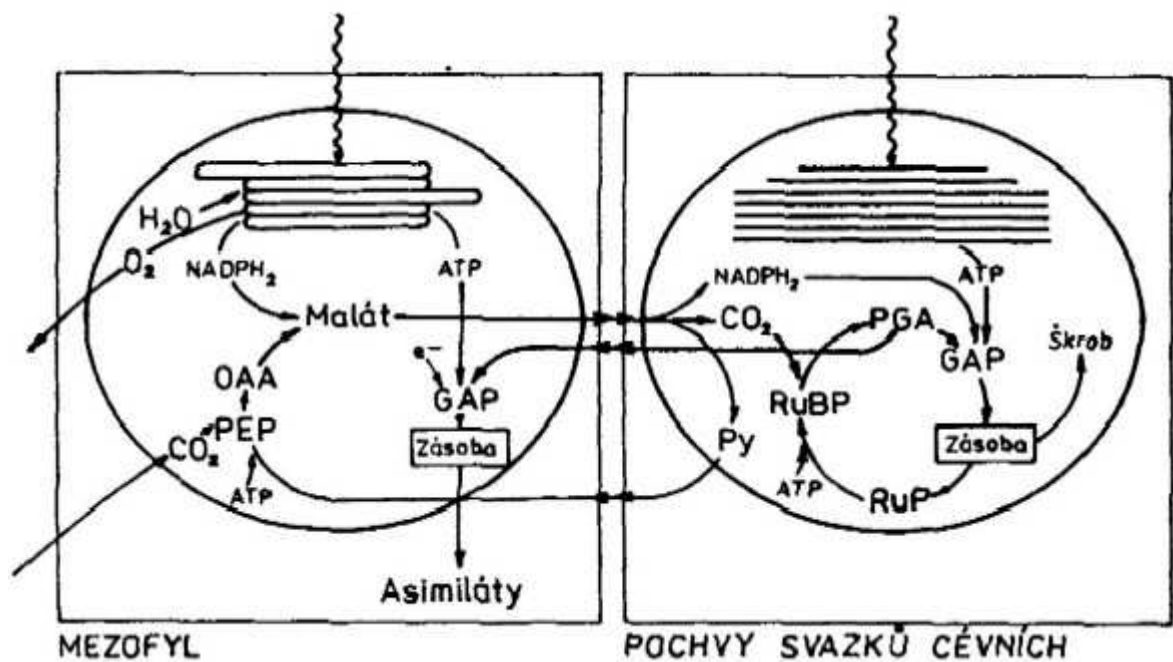
po odštěpení kyseliny fosforečné syntetizován do cukrů (monosacharidy až polysacharidy) [17].

U řady rostlin (kukuřice, cukrová třtina, proso, tropické trávy) je akceptorem kyselina oxaloctová, dikarboxylová kyselina se čtyřmi atomy uhlíku. Tato forma zabudování CO_2 byla nazvána **C₄ cesta** [6]. Redukce na uhlíkaté sloučeniny C_3 cestou probíhá u C_4 rostlin také, ale příjem CO_2 a následné procesy jsou umístěny v prostorově oddělených a anatomicky odlišných pletivech. V buňkách mezofylu je CO_2 vázán na fosfoenolpyruvát (PEP). Tento proces katalyzuje PEP-karboxyláza, která je velmi účinná při nízkých koncentracích CO_2 (i pod $10 \mu\text{l.l}^{-1}$). Pro C_3 rostliny je limitující koncentrací tzv. kompenzační koncentrace, která činí 30-70 $\mu\text{l.l}^{-1}$. Z tohoto důvodu zpravidla dosahují C_4 rostliny vyšších rychlostí fotosyntézy než C_3 rostliny.

Karboxylace PEP poskytuje kyselinu octovou, která je přeměňována na kyselinu asparagovou (aspartát) nebo na kyselinu jablečnou (malát). Žádné z těchto kyselin nemohou být přeměňovány v buňkách mezofylu, ale musí být přeneseny do buněk pochev svazků cévních (viz Obr. 7.).

V chloroplastech buněk pochev svazků cévních jsou malát a aspartát rozštěpeny na CO_2 a pyruvát specifickými enzymy. Uvolněný CO_2 je zachycován RuBP a vstupuje do Calvinova cyklu, zatímco pyruvát se vrací do buněk mezofylu, kde může sloužit k regeneraci PEP. Tato jednoznačně složitá kombinace syntézy dikarbonových kyselin a C_3 -cyklu dává C_4 rostlinám výhodu optimálního využívání CO_2 . Velmi vysoká afinita PEP-karboxylázy k CO_2 a zvláštní anatomie listů umožňující rostlině ihned opětovně využít CO_2 uvolněný při fotorespiraci [17]. C_4 rostliny jsou proto schopny využívat i nejvyšší intenzity světla a poskytují vysoké výtěžky fotosyntézy, které se projeví mimo jiné rychlejším rozdělením produktů asimilace a vysokou produkcí sušiny [7].

Zvýšení obsahu CO_2 zvláště ve sklenících může přinést výrazný efekt právě u rostlin C_3 , u nichž je saturace CO_2 dosaženo až při vyšších koncentracích a u kterých je zvýšení koncentrace CO_2 v ovzduší spojeno i s vyšší rychlostí fotosyntézy. Vyšší obsah CO_2 může být skleníkovým efektem spojen i se zvýšením teploty. Pro zvýšení intenzity výroby ve sklenících a fóliovnících se u zahradních plodin doporučuje zvýšit koncentraci CO_2 na 0,6-0,9 %, a to v době nejvyšší fotosyntetické aktivity rostlin. Potom je obvykle obnovena jeho běžná koncentrace větráním [17].



Obr. 7. Velmi zjednodušený diagram fixace CO₂ Hatchovou-Slackovou cestou u C₄ rostlin: PEP - fosfoenolpyruvát, OAA - kyselina oxaloctová, PGA - kyselina 3-fosfoglycerová, GAP - glyceraldehyd-3-fosfát, RuP - ribulóza-5-fosfát, RuBP - ribulóza-1,5-bifosfát, Py - pyruvát. PGA může také vznikat karboxylací C₂ sloučenin, které jsou obsaženy v rezervách; regenerace PEP z Py, při níž se uvolňuje voda, není v diagramu zobrazena. Podrobnější diagramy uvádějí Hatch a Osmond (1976).

2.2.2 Dusík

Dusík je významným prvkem pro všechny živé organismy včetně rostlin [17]. Podle kvantitativního zastoupení v rostlinné biomase stojí na čtvrtém místě mezi biogenními prvky.

Všeobecně uznávaná úloha dusíku v životě rostlin je sice stará více než 150 let, ale přesto teprve vznik moderních chemických a biochemických metod objasnil podrobněji nezbytnost a funkci tohoto prvku v jednotlivých úsecích látkové výměny. Dusík jako složka chlorofylu spoluzajišťuje přeměnu kinetické sluneční energie na energii chemickou, sám je v rostlině stavebním kamenem všech aminokyselin, za kterých je zkonstruována každá makromolekula bílkoviny. Tato skutečnost mu dává výjimečné postavení, neboť bílkovinné látky jsou základní složkou protoplazmy [18].

Dusík je součástí aminokyselin, amidů, bílkovin, pyrimidinových, purinových bází, nukleových kyselin, chlorofylu, enzymů a dalších biologicky aktivních látek [4]. V rostli-

nách se jeho obsah pohybuje ve značném rozmezí v závislosti na druhu orgánu a stáří rostliny. V počátečních fázích vývoje je jeho obsah vysoký a s tvorbou biomasy postupně klesá [18].

2.2.2.1 *Asimilace dusíku*

Procesy, kterými rostliny konvertují anorganický dusík (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , N_2) na organické sloučeniny, jsou velmi důležité. Přijatý dusík je zabudován do uhlíkatých sloučenin v aminoskupinách za vzniku aminokyselin. Aminokyseliny jsou základní sloučeniny, z nichž se vytvářejí bílkoviny, nukleové kyseliny a další dusíkaté sloučeniny.

Prakticky rostlina přijímá dusík ze dvou forem, a to jako NO_3^- a NH_4^+ ionty. Obě formy jsou mobilní, dobře metabolicky využitelné, ale mají značně rozdílný význam, úměrný rozdílu oxidace obou iontových forem. Kromě toho rostliny mohou v omezené míře přijímat i některé dusíkaté organické látky, např. močovinu, aminokyseliny aj. U bobovitých rostlin jako zdroj dusíku slouží i vzdušný dusík, díky symbióze s hlízkovými bakteriemi [18].

2.2.2.2 *Symptomy nedostatku a nadbytku dusíku*

Nedostatek dusíku se projevuje slabým růstem rostlin, rostliny jsou malé. Podle stupně nedostatku dusíku se mění barva nejstarších listů od bledě zelené do žluté. Při silném nedostatku dusíku list od spodu odumírá, a někdy i odpadne. Listy nižších pater obyčejně trpí nedostatkem dusíku dříve, protože se z nich dusík přemísťuje, aby udržel vývoj mladších listů, plodů a semen. To někdy vede ke klamnému dojmu rychlého dozrávání.

Výrazové změny jsou i v morfologii kořenů. Kořen se málo větví (roste do délky). Poměr hmoty kořenů ku nadzemní biomase se zvyšuje.

U obilovin se redukuje délka klasů, počet klasů na plochu a je nízký počet i hmotnost zrn.

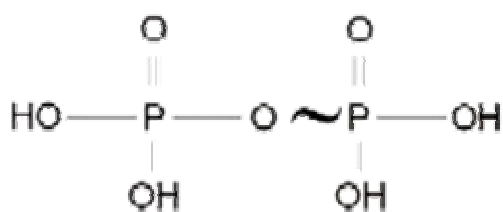
Nadbytek dusíku má naopak vliv na bujný růst rostlin. Rostliny se vyznačují větší asimilační plochou, listy jsou temně zelené (spodní často žloutne v důsledku nedostatku světla), u obilnin jsou stébla řídká, náchylná k poléhání a chorobám [17]. Při poruše syntézy bílkovin může při nadměrné výživě docházet k hromadění nitrátů v pletivech rostlin [4].

2.2.3 Fosfor

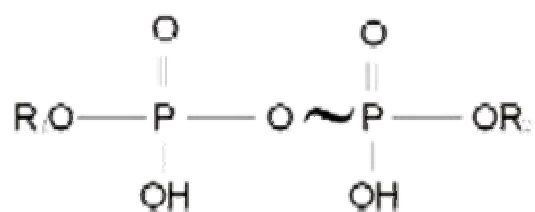
Příjem fosfátu kořeny rostlin je závislý na pH prostředí. Hlavním místem jeho příjmu je pletivo kůry, přes které se pohybuje rychlostí 0,1 – 0,5 mm.hod⁻¹ [18]. Rostliny přijímají fosfor ve formě aniontů H₂PO₄⁻ nebo HPO₄²⁻. Příjem P aniontu probíhá za podmínek, kdy jeho koncentrace v cytoplazmě výrazně převyšuje obsah P v živném prostředí. Z tohoto důvodu je přijímán proti koncentračnímu gradientu (aktivně). Příjem P a jeho akumulace kořeny je spojená s jeho inkorporací na nízkomolekulární sloučeniny (estery kyseliny fosforečné, fosforylované cukry, volné nukleotidy). Příjem a utilizace fosforu mají kladný vztah k celé řadě metabolických procesů uskutečňovaných jak v kořenových buňkách, tak v nadzemních částech rostlin. Intenzita příjmu P je závislá na obsahu kyslíku v živném prostředí, světle, teplotě (opt. při 20° C), poměru H₂PO₄⁻ ku HPO₄²⁻ a na přítomnosti Ca²⁺, NO₃⁻ a BO₃³⁻. Příjem P výrazně inhibují také OH⁻ ionty [17].

Zabudování anorganického fosfátu (Pi) do organických forem je velmi rychlé, a ³²P se objevil v kořeni klíčících rostlin hrachu již za 2-3 sekundy v ATP a o něco později v nukleotidech. Po 10 min. se již více než 80 % přijatého fosforu objevuje v organických vazbách. Stejný atom P může přecházet z jedné sloučeniny do druhé několikrát, a proto P řadíme mezi vysoce pohyblivé prvky se značnou reutilizační schopností. V celé rostlině se fosfor vymění za 3 dny. Pro transport fosforu z kořenů do nadzemních částí rostlin se organické formy defosforylují hydrolytickými fosfatázami, které uvolňují Pi z organických vazeb. Fosfatázy jsou zvláště ve vakuolách, kde se P hromadí v anorganické formě. Z vakuol putuje symplastem do xylémů, kde tvoří až 75 % z veškerého P. Zbývající část se transportuje pravděpodobně ve formě cholinfosfátu. Rychlost P v xylému je asi 200 cm.hod⁻¹[18].

S ohledem na charakter organických vazeb fosfátu v buňce je zřejmé, že jeho příjem je vázán na respiraci. V rostlinách se fosfor vyskytuje ve formě anorganického nebo organického pyrofosfátu:



anorganický pyrofosfát



organický pyrofosfát

Polyfosfáty jsou polymerizované soli typu pyrofosfátu, které vznikají z ortofosfátu odštěpením vody a představují rezervní fosfát nacházející se ve vakuolách. Jejich výhodou je, že se mohou štěpit anorganickými pyrofosfatázami a přitom uvolňují energii.

Nejpočetnějšími sloučeninami fosforu jsou jeho organické formy, které v rostlině tvoří 4 skupiny:

- a) DNA, RNA, P-lipidické, P-estery sacharidů
- b) ATP, ADP, AMP
- c) G-6-P
- d) F-6-P

Fosforylované sacharidy jsou vlastně labilní meziprodukty metabolismu. Rovněž labilní jsou i fosfátové vazby v nukleotidech, v kterých se pyrofosfát váže na sacharidovou složku. Fosfor je složkou dalších dusíkatých látek (tiaminfosfát, cholinfosfát, fosfoetanolamin), aktivních látek např. AMP, aktivovaných aminokyselin, sulfátů aj. Rezervní organickou formou fosfátů je vícesytný alkohol fyтин. Nachází se v semenech jako Mg- nebo Ca- sůl kyseliny fyтинové [17].

Experimenty bylo prokázáno, že při nedostatku fosforu rostlina přestane růst proto, že vyčerpá Pi z vakuol. Buňka uvolní Pi jen tehdy, má-li zabezpečený vlastní metabolismus. Proto je nutné, aby byly vytvořeny pro rostliny vhodné podmínky pro doplňování P v živném prostředí, a to od klíčení až do fáze jeho maximálního odběru. Funkci fosfátu v rostlině můžeme rozdělit na energetickou a stavební [18].

Energetická funkce je charakterizována schopností ortofosfátu tvořit esterické vazby (s cukry) o energii s několika $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ P. Proto se staly anhydrikové vazby o-fosfátu snadno mobilní energetickou konzervou použitelnou v řadě metabolických reakcí. Na energetických reakcích se vedle tri- a di-fosfátu adeninu podílí i inosonové, uridinové, thyaminové, guanidinové a jiné deriváty. Podobně se uplatňuje mesoinosit a zvláště hexafosfát, který neutralizovaný vápníkem a hořčíkem poskytuje velmi stabilní fyтин.

Pro rostliny je energeticky nejvýznamnější soustava $\text{ADP} + \text{P}$ anorg. Tepelnou stránku těchto procesů je možné považovat za „chladící směs“, která odebírá energii v centrech intenzivního energetického metabolismu, a transportuje ji v molekule ATP na jiná místa, kde ji postupně degraduje po malých kvantech, uvolňuje teplo a zabraňuje tak tepel-

nému zničení metabolických center. Tím, že se může rychle vracet do své minerální ortofosfátové formy, je v řadě metabolických systémů snadno cyklicky zužitkováván bez potřeby dalšího fosforu.

Stavební funkce fosforu vychází prakticky rovněž z tvorby esteru s cukry a cukernými deriváty. Mezi tyto důležité látky patří mono- a dinukleotidy, složky enzymů oxidativního charakteru (FAD, NAD, NADP, CoA aj.). Další rozsáhlou skupinou jsou fosfoglyceridy, fosfolipidy, fosfatidy.

Transport fosfátu v rostlině je spjat s metabolismem a je přímo podmíněn možností jeho cyklické reutilizace. Fosfát se pohybuje v xylémovém vzestupném proudu převážně ve formě cukerných esterů. Floémový transport fosfátu je zase výlučně vázán na jeho organickou formu (ATP, cukerné estery). Minerální P prochází tedy celým metabolickým procesem než se objeví ve vodivých pletivech.

Rostliny potřebují značná množství P již v počátečních stádiích růstu [17]. P urychluje vývoj, plodnost a dozrávání, zvyšuje odolnost proti nízkým teplotám, podporuje vývin kořenového systému a tím i lepší zásobení rostlin ostatními živinami a vláhou, velmi příznivě ovlivňuje biologickou hodnotu osiv a sadby [4].

Potřebný fosfor získávají rostliny z fyтину v semeni a dále z lehce přístupných forem P sloučenin z vnějšího prostředí. V této fázi růstu kořenový systém není ještě plně rozvinut, a proto má velký význam hladina přijatelného P v blízkosti primárních kořenů. Výsledky řady pokusů prokazují významný vliv dodaného fosforu na zvýšení jeho obsahu v rostlině.

Fosfát je přítomný v kořenech, stéblech a listech v anorganické formě. Rozdíly mezi anorg. P a celkovým P jsou největší v mladých listech, které obsahují relativně větší kvanta org. P ve formě nukleových kyselin [17].

Celkově je obsah fosforu důležitým ukazatelem stavu výživy. Jeho koncentrace je ovlivněna druhem rostliny, stářím a rostlinným orgánem.

Výsledky experimentů prokazují vliv fosforečné výživy na zvýšení jeho obsahu v rostlině, což vede k intenzivnímu růstu rostlin, k tvorbě semen a jeho zvýšeným obsahem, který podmiňuje i větší energii klíčivosti. Dobrá zásoba fosforu v půdě zajišťuje tedy nejen kvalitní výnosy, ale zajišťuje i jeho koloběh do celého potravního řetězce [18].

Tab. 6. Vliv P výživy na obsah P frakcí v listech tabáku (Kakic 1969)

Výživa P (mg.l ⁻¹)	Hmotnost su- chého listu (g)	P frakce mg.100g ⁻¹ sušiny listů			
		Tuky	Nukl. kys.	Estery	Anorg. P
2	0,82	32	74	36	33
6	1,08	83	134	91	83
8	1,10	89	133	104	123
20	1,06	91	142	109	338

2.2.3.1 Symptomy nedostatku a nadbytku fosforu

Za normálních podmínek jsou **příznaky nedostatku P** málo výrazné. Nedostatek P zpomaluje růst nadzemních orgánů a nepříznivě působí i na kořeny. Listy jsou malé a starší postupně odumírají. Pokud klesne koncentrace P výrazně pod optimální hodnotu může docházet k hyperchlorofylaci listu, což je provázeno černo-fialovým zabarvením (způsobeným zvýšeným obsahem antokyanu), které z listů přechází na báze stonků (ječmen, kukuřice).

U jednoděložných rostlin dochází k menšímu odnožování, stébla jsou krátká a slabě vyvinuta. Listy jsou vzpřímené, tmavozelené a přechází do červenofialové barvy. U jarních ječmenů osiny mohou být fialové. U dvouděložných rostlin jsou listy dlouze řapíkaté se silně vystouplou nervaturou a strnulou polohou listů. Někdy vznikají červené nebo purpurové pigmenty a později nekrózy označované jako „bronzing“. U ovocných stromů (jabloně, broskvoně) se nedostatek P projevuje kožovitým povrchem listů a bronzovým leskem. Poškozené listy předčasně opadávají a rašení pupenů se opoždíuje.

Symptomy přebytku P na rostlinách nebyly zaznamenány na středních a těžších půdách pro vysokou schopnost poutat fosfát, přesto však nadměrné dávky rozpustných fosfátů mohou mít za následek škody způsobené v důsledku přehnojení, které brzdí příjem ostatních živin, což se projeví předčasným zráním a snížením výnosů [17].

2.2.4 Draslík

Draslík je významným makrobiogenním prvkem, který rostlina přijímá ve značně vysokém množství [18]. Draslík je monovalentní kationt, který rostlina přijímá aktivně při nižších koncentracích nebo pasivně při koncentracích vyšších. Příjem draslíku je výrazně ovlivňován interakcemi antagonistického charakteru. Zvyšující se koncentrace K v půdě snižuje příjem Mg^{2+} , Ca^{2+} , NH_4^+ , Zn^{2+} , Mn^{2+} a stimuluje příjem NO_3^- , $H_2PO_4^-$, Cl^- , SO_4^{2-} . Z kationtů je nejméně ovlivněn příjem NH_4^+ vzhledem k velikosti hydratovaného poloměru u obou iontů. Na příjem K pozitivně působí i řada vnějších podmínek (přístup vzduchu, teplota půdy, intenzita osvětlení) [17]. Některé z monovalentních prvků ho mohou částečně nahrazovat (Rb, Cs, Na, Li), ovšem v celé řadě funkcí není nahraditelným žádným kovem [18].

V rostlině je draslík velmi pohyblivý a může se redistribuovat ze starších do mladších pletiv. Ve floému může tvořit až 80 % ze všech kationtů [18]. Charakteristickým rysem pro K^+ je vysoká schopnost průniku buněčnými membránami. Pro metabolismus buňky je důležitý K^+ v cytoplasmě. Ve vakuolách se nachází jako KNO_3 , KCl nebo K-malát, kde plní osmotickou funkci. Hladina draslíku je v buňkách poměrně vysoká a obvykle se K^+ vyplavuje ve stresových situacích pro rostliny (nízké teploty, sucho aj.). Draslík má vysokou reutilizační schopnost. Proto se příznaky nedostatku projeví na starších listech.

Draslík zasahuje do celé řady metabolických procesů. Významná je jeho účast v procesu fotosyntézy a dýchání, kde má dominantní postavení ve světelné fázi.

Zvýšený obsah draslíku v listu na druhé straně snižuje respiraci CO_2 . Právě vysoká respirace listů je typickým projevem draslíkové deficience.

Nedostatek draslíku snižuje syntézu organických látek a zvyšuje respiraci, čímž se omezuje energetický stav rostliny. Draslík zasahuje do tvorby cukru a do syntézy škrobu, což se projevuje při transportu a přeměnách vytvořených cukrů. Při deficienci K je omezen transport cukrů z listů do bulev (cukrovka) a zvyšuje se obsah redukujících cukrů. Důsledkem toho je narušení syntézy sacharidů, tvorba tenších buněčných stěn, řidších pletiv, a tím je snížena odolnost obilovin proti poléhání i ochrana proti parazitům.

Draslík dále pozitivně ovlivňuje dusíkatý metabolismus. Při jeho nedostatku stoupá obsah aminokyselin a amidů, především putrescinů a kadaverinu (vzniká z argininu přes

ornitin) a omezuje se syntéza bílkovin. Rovněž stabilita bílkovin je při jeho nedostatku snížena a urychluje se jejich rozklad na jednodušší N-sloučeniny.

Podle některých autorů je K^+ nutný k aktivaci nitrátreduktázy, ale i pro její syntézu. Draslík také vystupuje jako specifický, ale i nespecifický aktivátor řady enzymů. V současné době je známo více než 60 enzymových reakcí, které jsou aktivizovány K^+ ionty. Při nedostatku K^+ se zvyšuje aktivita polyfenoloxidáz a dochází k rychlejšímu tmavnutí brambor na řezných plochách při jejich zpracování, což negativně ovlivňuje kvalitu lupínků, kaše a hranolků.

Koncentrace draslíku má také velký vliv na osmotickou hodnotu a bobtnání koloidů. Při jeho nedostatku jsou koloidy méně stabilní a ztrácejí schopnost vázat vodu. To je důležité zvláště u protoplazmy, kde tak ovlivňuje vodní režim rostlin zvýšenou hydrofilností koloidů. Tím se zvyšuje turgor buněk a rostliny mohou lépe odolávat suchu i nízkým teplotám.

Draslík dále ovlivňuje mechanismus otevírání a zavírání stomat. Za osvětlení se draslík hromadí ve svěracích buňkách průduchů a naopak za tmy ho ubývá. Transport K^+ do svěracích buněk vede k otevření průduchů a zpětný transport k jejich uzavření. Uvedený proces je selektivní právě pro draslík [17].

Dobrá zásobenost rostlin draslíkem vede ke zvýšené tvorbě vitamínu C, zvyšuje se odolnost k nízkým teplotám. Snižuje skladovací ztráty hlíznatých či dužnatých plodů a zvyšuje odolnost rostlin proti napadení chorobami [4].

Na draslík mají největší nároky okopaniny, jeteloviny, luskoviny, olejnin, přadné rostliny a relativně nejmenší obiloviny. Zemědělské plodiny můžeme také rozdělit podle citlivosti k doprovodnému aniontu. Chloridovou formu draselných hnojiv dobře snáší obiloviny, cukrovka, krmná řepa, jeteloviny. K rostlinám citlivým na chlór řadíme: ovocné stromy, réva vinná, rybíz, brambory, rajčata, tabák, leguminózy, okurky, cibule, konopí a většinu rostlinné čeledi Brassicaceae.

2.2.4.1 Symptomy nedostatku a nadbytku draslíku

Nedostatek draslíku výrazně ovlivňuje řadu metabolických a fyziologických funkcí rostliny, které jsou spojené s poklesem výnosu i jeho kvalitou. U zelenin se snižuje jejich skladovatelnost a chuťové vlastnosti. Nižší je obsah vitamínu C. U obilovin se snižuje

pružnost stébla, což zvyšuje nebezpečí poléhání, snižuje odolnost proti nízkým teplotám, suchu aj.

Při nedostatku draslíku dochází zpočátku k mírnému poškození rostlin, které později nabude plošných a zřetelných projevů. Nedostatek vyvolává:

- a) změnu habitu rostlin - tvoří se rosetové stadium. Hlavní stonek není vzpřímený a dlouhý, ale zkrácený a vytváří boční výhony. Rostliny nabývají keřovitý nebo metlovitý vzhled (hrách, obiloviny, brambory, rajčata). Příčinou je odumření hlavních výhonů od bazálních částí;
- b) změny na listech - čepele jsou úzké, okraje listů se stáčejí směrem dolů, list má zvlněnou formu (réva, *Solanaceae*). Nekrózy listů se objevují od okrajů a rozšiřují se až ke střední ose - listová spála, list u ovocných stromů neopadává;
- c) generativní fáze je méně ovlivněna. Pouze při špatném zásobení draslíku květy jsou tyto předčasně shazovány. Semena a plody jsou zakrnělé.

Nedostatek draslíku v rostlinných produktech se promítá do potravního řetězce. Jeho snížený obsah v potravinách má nepříznivý vliv na hypertenzi u člověka a může docházet ke vzniku hypokálie (tzv. tetanický záchvat).

Přehnojení draslíkem vede k jeho luxusnímu příjmu rostlinou a může se projevit vedlejšími antagonistickými nebo synergickými účinky. Nadbytek K^+ iontů v živném prostředí brzdí příjem Mg^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Na^+ aj. a v důsledku toho se na rostlině mohou projevit příznaky jejich nedostatku. Naopak zvyšuje se příjem Cl^- , NO_3^- aj. Vysoký obsah K v krmivech při nízkém obsahu Ca a Mg způsobuje u zvířat hypomagnézii až pastevní tetanii (při přehnojení travních porostů kejdou, močůvkou). U některých rostlin zvýšený obsah draslíku v prostředí stimuluje tvorbu látek fytoestrogenní povahy (jetel, chmel, krmná kapusta, jílek vytrvalý aj.), které ovlivňují reprodukční procesy živočichů [18].

2.2.5 Vápník

Obsah vápníku v sušině se v rostlinách pohybuje v rozmezí 0,4-1,5 % v závislosti na druhu rostliny, orgánu a jeho stáří. Jeho obsah je však hlavně závislý na jeho hladině v půdním roztoku. Koncentrace vápníku v půdním roztoku je asi 10x vyšší než K^+ , ale příjem Ca je obvykle nižší než K [17].

Vápník je přijímán ve formě Ca^{2+} aktivně kořeny pomocí elektrochemického gradientu přes biologické membrány.

Přijatý vápník je translokován xylémem. Transport vápníku je však velmi omezen, protože Ca je značně adsorbován anionty.

Vápník se účastní nepřímo řady enzymatických reakcí soustředěných v membránách a nejbližším okolí zejména jako významný přenašeč signálů ve spojení s kalmodulinem a dalšími bílkovinami poutajícími Ca^{2+} .

Vápník je prakticky nepohyblivý floémem, ve kterém je příliš mnoho vazebných míst, na kterých dochází snadno k jeho imobilizaci. Z tohoto důvodu nemůžeme u Ca hovořit o jeho reutilizaci. Proto rostliny vyžadují jeho pravidelný přísun z vnějšího prostředí po celé vegetační období.

Příjem, transport a redistribuce vápníku jsou tedy podmíněny schopností vápníku tvořit s řadou organických látek, zvláště kyselými skupinami karboxylu, fosfátů aj., poměrně málo rozpustné až nerozpustné sloučeniny. Proto je v rostlině jeho pohyb velmi malý a reutilizace prakticky zanedbatelná, což vyúsťuje na jedné straně v postupném zvyšování jeho obsahu ve starších listech a na druhé straně v jeho chronický nedostatek v apikálních meristémech. Ačkoli je redistribuce Ca na orgánové úrovni nepatrná, je naopak velmi nápadná postupná přeměna jeho funkce na buněčné úrovni. Z toho vyplývá, že vápník je prvek, kde na základě jeho celkového množství v rostlině není možné přímo usuzovat na jeho skutečnou potřebu.

Vápník sehrává důležitou úlohu v metabolismu a jeho funkce můžeme rozdělit:

- Ovlivňuje semipermeabilitu buněčných membrán a stěn buněk. V membránách je vázán na negativní náboje (hlavně pektiny) a stabilizuje jejich strukturu, prostorové uspořádání, a tím i permeabilitu. Jde o funkci specifickou pro vápník, nenahraditelnou žádnými dvojmocnými kationty (Mn ani Sn).
- Má konformační a stabilizační vliv na bílkovinu. Slučuje-li se s bílkovinami biokatalytického typu, může pozměnit její tvar a aktivitu, a zároveň ji chránit (stabilizovat) proti proteolytickým enzymům.

- Je stavební látkou. Formou pektátu zpevňuje buněčné stěny. Podílí se na růstu buněk, které netvoří typickou celulózní stěnu (kořenové vlásky a pylové láčky), které bez Ca jinak vůbec nerostou.
- Neutralizuje a váže některé organické kyseliny, zvláště kyselinu šťavelovou, což může mít detoxikační efekt.
- Významně ovlivňuje stabilitu a integritu pletiv, což má vliv na skladovatelnost plodů (jablka - pihovitost, rajčata, papriky)
- Ovlivňuje aktivitu enzymů v rostlinách (invertázy, katalázy, nitrátreduktázy aj.).

Vápník přijímá rostlina během celého svého vývoje. Nároky na vápník neodpovídají vždy vztahu k půdní reakci. Například obiloviny potřebují málo vápníku, ale odlišují se v nárocích na pH - ječmen a pšenice nesnášejí nízké hodnoty pH, zatímco oves a žito jsou k nim tolerantní. Naopak bramborám, vřesovičce a lupině se daří na kyselějších stanovištích, ale požadují velké množství vápníku. Nejvíce vápníku se nachází ve vegetativních orgánech. Tak hlízy brambor obsahují 7 % z celkového vápníku, zatímco v lodyze je až 93 %. Zrno kukuřice má 3,4 % a ostatní části 96,6 %. Více vápníku odčerpávají dvouděložné rostliny než jednoděložné [17].

2.2.5.1 *Symptomy nedostatku a nadbytku vápníku*

Nedostatek se především projevuje na kořenech; netvoří se kořenové vlásky, kořeny začínají zahnívat. Na kořenech se tvoří sliz a kořenové buňky se rozkládají, pletivo se přeměňuje na nestrukturní hmotu. Kořeny trpí nedostatkem tohoto prvku dříve než nadzemní orgány.

Nadbytek Ca v půdě rostlinám v podstatě neškodí s výjimkou rostlin kalkofóbních. U některých rostlin podporuje nadbytek Ca srdéčkovou hnilobu (cukrovka), žloutenku (réva vinná). Při přehnojení Ca je ovlivněn příjem jiných iontů (Fe, Mn, Zn) a narušuje se rovnováha živin [18].

2.2.6 Hořčík

Hořčík je přijímán rostlinami jako kationt Mg^{2+} . Na jeho přísunu ke kořenovému vlášení se podílí především tok půdního roztoku a v menší míře i růst kořenů. Hořčík je rostlinami přijímán pasivně. V příjmu Mg^{2+} existuje antagonistický vztah ke K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , H^+ . Vzhledem k tomu, že draslík je v porovnání s ostatními kationty nejlépe přijímán (aktivní i pasivní transport) působí jeho nadbytek v živném prostředí negativně na příjem dalších kationtů, zvláště pak hořčíku (Tab. 7.). Příjem hořčíku ovlivňuje také obsah hliníku, vodíku a manganu, zvláště na kyselých půdách. Z aniontů příznivě působí na příjem Mg nitrát. Vedle vnějších faktorů je obsah Mg v rostlině ovlivněn také geneticky. Je prokázáno, že více hořčíku obsahují rostliny dvouděložné oproti jednoděložným.

Tab. 7. Vliv stupňovaných dávek K na obsah kationtů v orgánech rajčat (Viro 1973)

mM $K.I^{-1}$	listy			kořeny			plody		
	K	Na	Mg	K	Na	Mg	K	Na	Mg
2	0,5	0,40	0,61	0,2	0,36	0,33	1,6	0,10	0,07
10	3,3	0,29	0,27	2,2	0,25	0,31	2,5	0,07	0,08
20	4,2	0,18	0,15	2,4	0,13	0,26	2,7	0,06	0,09

V rostlině se hořčík nachází ve formě solí jako Mg-oxalacetát nebo fytin (inosithexafosforečná kyselina) nebo jako sorpčně vázaný iont, případně ve formě chelátu (chlorofyl). Více než 70 % z celkového obsahu Mg v rostlině je difuzibilní ve formě anorganických nebo organických aniontů (jablečnan, citran) [18].

Hořčík zasahuje do celé řady metabolických procesů v rostlině. Velmi důležitá je jeho funkce v chlorofylu, kde je chelátově vázán v porfyrinovém jádře. Z celkového obsahu v rostlině je v chlorofylu vázáno 15-20 % Mg. Dokonce i v rostlinách deficitních na Mg je obsah Mg vázaného na chlorofyl až 30 %. Při nedostatku Mg je tedy ochuzena nejdříve řada dalších biologicky významných soustav než samotný chlorofyl. Projevům Mg chlorózy předchází hluboký metabolický rozvrat často doprovázený nekrotizací pletiv (korálová mozaika nebo pruhovitost). Hořčík se zúčastňuje na dalších biochemických reakcích udržováním koloidního stavu protoplazmy a je aktivátorem nebo součástí početného množství enzymových systémů. Aktivuje fosfokinázy, dekarboxylázy a dehydrogenázy.

Podobně jako Mg^{2+} působí i Mn^{2+} a pravděpodobně i Zn^{2+} a Co^{2+} . Právě vlivem této substituce se často příznaky jeho nedostatku v rostlině projeví později.

Rostliny vyžadují rovnoměrný přísun hořčíku během celé vegetace. Jeho obsah v sušině rostlinných orgánů se pohybuje pod 0,5 %. Relativně vysokým obsahem Mg se vyznačují jetel, vojtěška, listy cukrovky. V zeleninách je obsažen ve formě fytinu

2.2.6.1 *Symptomy nedostatku a nadbytku hořčíku*

Z pestré palety příznaků deficiencie Mg jde o abnormální tvorbu pigmentů, které propůjčují listu zářivou barvu. Vznikají žluté, oranžové, červené a purpurové skvrny nebo chlorózy s barevnými okraji. Podle způsobu jak se skvrny šíří, lze rozlišit tři druhy chlorózy:

- a) chloróza začíná od špiček listů a od krajů pokračuje ke středu listů (tabák, celer, hrušeň, jabloň),
- b) chloróza vzniká mezi nervy v blízkosti středního žebra a odtud se rozšiřuje směrem k okrajům (jabloň, brambory, rajčata),
- c) u trav probíhají chlorózy v důsledku paralelní nervatury listů pruhovitě. Obiloviny vykazují tygrovitě zbarvení čepele listové jako důsledek nahromadění chlorofylu, která předcházejí chloróze.

Ionty Mg působí ve vyšších koncentracích na rostliny toxicky porušením rovnováhy iontů. Přebytkem Mg iontů v rostlině vznikají škody na kořenech. Délka hlavního kořene se redukuje a je zmenšena i velikost postranních kořenů a kořenového vlášení. Důsledkem toho je i redukce hmoty u nadzemních částí rostlin [17].

2.3 Význam mikroelementů pro rostliny

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.

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.

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 rostlin), 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.

2.3.1 Železo

Příjem železa rostlinou probíhá mladými částmi kořenového systému, a to převážně ve formě iontů Fe^{2+} , Fe^{3+} nebo ve formě Fe-chelátů. Jeho příjem antagonisticky ovlivňují $\text{Cu}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cr}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$. Vedle příjmu působí uvedené prvky i na translokaci a utilizaci železa. Sorpce železa rostlinou probíhá aktivně pod metabolickou kontrolou. Železo je přijímáno rostlinou 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.

V rostlině se železo pohybuje většinou ve formě oligopeptidických chelátů. Pohyblivější jsou cheláty Fe^{2+} . Fe^{2+} je však snadno oxidován na Fe^{3+} , v chelátu se uvolní a zůstává v metabolicky inaktivní formě ve volných prostorech pletiv. To pak vede k indukované chloróze [17].

Rostlina sama vylučuje chletátotvorné látky, které jsou využívány na vazbu těžkých kovů přítomných v půdním roztoku (Cu, Zn). Velmi významné je konkurenční působení iontu 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 Ca^{2+} podmiňuje srážení i oxidaci Fe^{2+} na Fe^{3+} a ve vodivých pletivech se tvoří nerozpustné soli železitých fosfátů [17].

Železo je nezbytnou složkou celé řady enzymových systémů jak u ferredoxinu, tak u cytochromového systému. Deficit železa snižuje fixaci N_2 u vikvovitých a zelenin (může zvyšovat obsah nitrátů). Železo ovlivňuje i proteinový metabolismus; při jeho nedostatku se snižuje obsah proteinů a roste hladina rozpustných organických N sloučenin.

Většina přijatého železa se soustřeďuje do chloroplastů, kde dosahuje až 90 % celkového obsahu v listu. V listu je železo chelátově vázané v porfyrinové struktuře hemu nebo heminu.

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. Nedostatek železa lze pozorovat vždy na nejmladších listech. Při silnějším nedostatku železa se ztrácí u listů postupně chlorofyl až celý list dostává zabarvení slonoviny.

Na nedostatek železa 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.

2.3.2 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 [17]. Rostlina mangan přijímá jako Mn^{2+} nebo jako Mn-chelát [18]. Antagonisticky působí vápník, hořčík, NH_4^+ aj., synergický vliv se projevuje u nitrátů [17].

Pohyblivost manganu v rostlině je velmi nízká, pohybuje se v chelátové vazbě. Jako transportéry slouží látky peptidického charakteru [18].

V biochemických funkcích je podobný hořčíku, aktivuje některé enzymy, kde může být nahrazen hořčíkem. Mangan hraje důležitou úlohu při oxidaci IAA (indolyloctové kyseliny). Zvláště významná je jeho funkce fotosyntetického transportu elektronu (při fotolýze) [17].

Mn je dále nezbytný pro redukci NO_2^- z NO_3^- . Při deficienci a toxicitě Mn se může zvyšovat obsah NO_3^- v rostlinách jako důsledek poruch nitrátreduktázového systému. Nejcitlivějšími organelami na nedostatek manganu jsou chloroplasty.

Charakteristickým znakem manganu je, že rostlina může být poškozena jak jeho nedostatkem, tak nadbytkem. Při deficienci Mn vznikají různé chlorotické skvrny či pruhy na listech v závislosti na typu nervatury, které se postupně rozvíjí v nekrózu chlorotických pletiv.

Na přihnojení manganem velmi dobře reaguje cukrovka, krmná řepa, oves, pšenice, ječmen, hrách, fazol, brambory, ovocné stromy, vinná réva. Dobrou reakcí se vyznačují brukvovité rostliny.

Nadbytek manganu v půdě vyvolává rovněž příznaky těžké chlorózy. Na rubu listu se tvoří hnědé až červenohnědé tečky, které v pozdějším stádiu splývají ve větší skvrny. Při silném nadbytku listy odumírají [18].

2.3.3 Zinek

Zinek je rostlinami přijímán převážně jako kationt Zn^{2+} a také v hydratovaných formách [44]. Může být přijat také ve vhodné chelátové vazbě nebo jako $\text{Zn}(\text{OH})^+$. 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 [17]. Příjem zinku je inhibován přítomností některých kovů. Zatímco 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 jeho vysokých hladinách v prostředí [18].

Pohyb zinku v rostlině je velmi malý, ve starých listech je prakticky imobilní. Imobilita je vysvětlována jeho reakcí s fosforem za vzniku $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Na pohyblivost zinku v rostlině nejsou jednotné názory [17].

Jeho distribuce má oproti jiným kovům odlišný charakter. Předpokládá se, že to může být dáno jeho schopností tvořit v rostlině nativní cheláty. Existují však důkazy,

kteřé poukazují na schopnost Zn reagovat s nízkomolekulárními proteiny, případně vytvářet Zn-fytáty. Rozdílné názory na pohyblivost Zn v rostlině budou zřejmě odvislé od schopnosti druhu rostliny tvořit s řadou sloučenin mobilní nebo nerozpustné komplexy. Distribuce ^{65}Zn v listech se u rostlin podobá distribuci Ca s tím, že Zn je více zadržován ve svazcích cévních. Hladina Zn se u deficitních rostlin obvykle pohybuje pod 15 ppm v sušině, přičemž optimální obsah činí 20-100 ppm.

Obsah zinku v rostlinách je závislý na druhu rostliny, orgánu a vývojové fázi. Tabulka 8. uvádí vliv hladiny zinku v živném roztoku na jeho příjem rostlinami jarního ječmene. Tabulka 8. uvádí, že v kořenech je často vyšší obsah zinku než v nadzemních částech, zvláště pokud jsou rostliny pěstovány v prostředí dobře zásobeném tímto prvkem. Při vyšším až vysokém obsahu Zn v prostředí může být tento prvek translokován z kořenů do nadzemních částí a zvyšovat v konzumních orgánech jeho obsah nad přípustnou hodnotu, jak ukazují údaje v tabulce 9. [18].

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.

Tab. 8. Koncentrace zinku v rostlinách jarního ječmene v sušině (Richter, Brabcová 1983)

Obsah Zn v plném živném roztoku (Hoagland)	Ppm Zn					
	Kořen			Nadzemní část		
	Fáze Feekese					
	4.	8.	11.	4.	8.	11.
0,05mg/l	25,4	31,8	31,5	14,2	7,5	9,1
0,15mg/l	35,2	79,9	34,9	15,0	12,6	5,2
1,00mg/l	95,2	86,2	66,1	72,8	53,6	24,5
10,00mg/l	437,5	1053,6	568,1	371,7	273,7	258,1

Tab. 9. Vliv obsahu Zn v půdě na jeho koncentraci v zeleninách (Hlušek 1991)

Obsah Zn v zemině ppm (2M HNO ₃)	Obsah Zn v ppm čerstvé hmoty				
	salát	kedlubny	brambory	mrkev	Celer
17,4	6,74	1,73	5,05	4,57	4,52
150,0	12,82	2,74	7,86	6,89	13,65
222,0	10,29	n	5,30	12,18	10,66
900,0	23,74	53,80	18,66	17,53	17,74

Důležitou úlohu hraje zinek při regulaci metabolismu nukleových kyselin. Zinek inhibuje aktivitu ribonukleázy v rostlinných pletivech. Při nedostatku zinku stoupá aktivita tohoto enzymu [17].

Zinek je napojen na metabolismus aminokyselin a bílkovin. Je nezbytný jako aktivátor při tvorbě tryptofanu a při jeho syntéze. Z tryptofanu tvoří hlavní rostlinný hormon – auxin [7]. Je také prekurzorem indolyloctové kyseliny. Při deficienci Zn bylo prokázáno, že rostliny rajčat i kukuřice mají krátké stonky, nízký obsah tryptofanu a aminokyselin. Přidáním zinku nebo tryptofanu do živného prostředí dochází ke zvýšení hladiny tryptofanu v rostlinách. Z toho je možné učinit závěr o kauzálním vztahu mezi Zn, tryptofanem a indolyloctovou kyselinou [18].

Zinek zasahuje do metabolismu cukrů [20]. Při nedostatku zinku se zvyšuje obsah redukcujících cukrů a klesá fosforylace glukózy v důsledku inhibice hexokinázy.

Zinek ovlivňuje i tvorbu giberelinů. Při nízké hladině pozitivně a při vysoké hladině negativně.

Při hodnotě pod 10 ppm Zn v sušině se objevují na rostlinách zřetelné symptomy nedostatku.

Sklizněmi se ročně odčerpá kolem 0,5 kg Zn z hektaru [17]. Při nízkém obsahu Zn v půdě lze zvýšit jeho obsah hnojením do půdy (dávka 4kg Zn.ha⁻¹ postačí obvykle na 3 - 8 let) nebo foliární výživou [18]. Jako Zn hnojivo lze použít ZnSO₄ nebo Zn-cheláty [17].

2.3.3.1 Symptomy nedostatku a nadbytku zinku

Nedostatek zinku se projevuje především u mladých částí rostlin vytvářením růžic s úzkými a drobnými listy a zkrácením internodií. Charakteristická je drobnolistost (litle leaf). Nápadné je prodloužení palisádových buněk s malým počtem chloroplastů a velkým množstvím Ca-oxalátových drůz. Listy v těchto místech jsou bledě zelené, žluté nebo dokonce bílé. U ovocných stromů se projevuje deficiencie Zn vytvářením růžic listů a úzkými a drobnými listy, které jsou asymetrické (rozetovitost) a často zbarvené do modrozelená, chlorotické a předčasně opadávají. U chmele deficit zinku způsobuje jeho kadeřavost, při které je snížen růst rostlin, omezena tvorba postranních plodonosných větví, listy jsou zdeformované a výnos se snižuje. Příčinou kadeřavosti jsou rickettsie a dostatek zinku může nebezpečí výskytu této choroby značně omezit [18].

U brambor se nedostatek zinku projevuje tak, že mladé lístky se stáčejí, blednou. Šedohnědé až bronzové skvrny se nejdříve vyskytují ve středních patrech listů, později se rozšiřují dále. S tímto poškozením se můžeme někdy setkat i na řapících a stoncích [25].

Nedostatek zinku brání využití fosforu rostlinou a projevuje se tak narušením tvorby semen [44].

Rostliny podle reakce na Zn rozdělujeme na:

- Dobře reagující – kukuřice, len fazol, sója, chmel, réva vinná, broskvoň, meruňka, švestka
- Středně reagující – cukrová řepa, brambory, vojtěška, jetel, čirok, cibule, rajčata, třešně, hrušeň, jabloň
- Slabě reagující – trávy, oves, pšenice, ječmen, žito, hrách, hořčice, chřest [18].

V seznamu schválených hnojiv jsou uvedeny následující přípravky, které můžeme použít k dodání chybějícího zinku: Zintrac (70 – 40 % Zn), Zinkocit (6,5 % Zn, 4,5 % N, 3 % S), Campofort special Zn (5 % Zn, 12,5 % MgO, 46 % N), Agrozink (6 % Zn, 4 % N, 3 % S), Nitrozinek (5 % Zn, 25 % N) – pro chmel [39].

Vedle nedostatku zinku se zvláště v oblastech postižených průmyslovými emisemi, v okolí skládek apod., objevuje u rostlin jeho nadbytek a často i toxicita [17]. Některé druhy jsou tolerantní a dobře rostou i na půdách s abnormálně vysokou koncentrací zinku. Řada autorů uvádí v sušině tolerantních rostlin obsah Zn mezi 600-7800 ppm (Agrostis),

pokud byly pěstovány na kontaminovaných půdách tímto prvkem. Mechanismus tolerance na vysoké dávky Zn je způsoben jeho poutáním do buněčných stěn. Pokusy se ^{65}Zn potvrdily, že Zn je vázán u tolerantních ekotypů na pektátovou frakci. Nejde zde tedy jen o mechanickou vazbu, ale i o vazbu metabolickou [18]. Toxicita zinku se projevuje 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 [17].

Trvale zvýšený obsah Zn v krmivech rostlinného původu má za následek těžké poruchy u zvířat, které vedou ke snížené užitkovosti a způsobují v imisně postižených regionech zvýšený úhyn lovné zvěře [18].

2.3.4 Měď

Obsah mědi v rostlinách závisí především na druhových zvláštnotech rostlin a na půdních podmínkách. Průměrný obsah mědi v rostlinných pletivech kolísá od 1,5 do 8,5 ppm v sušině [17]. Vysoký obsah mědi byl zjištěn v listech, generativních orgánech, v plodech a semenech [44].

Měď není v rostlinách příliš mobilní, i když může být translokována ze starých listů do mladých. Pohyb je závislý na jejím obsahu v rostlině [17].

Cu je přítomna v xylémovém exudátu v aniontové komplexní formě. Cu se vyznačuje také velkou afinitou k N atomům aminokyselin, z čehož se usuzuje, že uvedené sloučeniny slouží jako nosiče mědi v rostlinách [18].

Relativně vysoká koncentrace Cu se objevuje v chloroplastech, a to až 70 % z celkového obsahu Cu v listech. Měď plní v rostlině funkci katalytického prvku, kde se bezprostředně váže na molekulu bílkoviny. Dále je složkou proteinu v chloroplastu, kterým je zabezpečován transport elektronů. Měď může hrát významné místo v syntéze nebo stabilitě chlorofylu a dalších rostlinných pigmentů, i když mechanismus není dosud plně objasněn [20]. Měď je součástí enzymových oxidáz (cytochromoxidázy, askorbát oxidázy, aminooxidázy ap.) i fenoláz a laktáz, které se podílejí na lignifikaci pletiv [21]. Spolu s Fe se podílí na redukcí nitrátů v rostlině (je složkou nitritreduktázy). Vedle těchto reakcí se měď objevuje v proteinovém a sacharidovém metabolismu. Při deficienci Cu dochází v rostlinách k

destrukci proteinu až na rozpustné aminokyseliny. Tím může být vysvětlena funkce mědi jako kofaktoru při syntéze enzymů a vliv Cu na DNA a RNA syntézu. U mladých rostlin, kde je proteinová syntéza velmi aktivní, nižší hladiny DNA byly pozorovány právě při deficienci mědi [17].

Měď potřebují vikvovité rostliny také k symbiotické fixaci N_2 . Předpokládá se, že Cu ovlivňuje syntézu leghemoglobinu [18].

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. Dalším z charakteristických příznaků deficiencie mědi je zastavení růstu, pokles turgoru a vadnutí [17].

Rostliny odčerpávají sklizněmi malé množství Cu ($30-100\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$) [18]. Na půdách s nízkým obsahem Cu se doporučuje předset'ové máčení semen v roztoku $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ nebo CuSO_4 . K aplikaci na list se doporučuje Cu aplikovat ve formě DTPA (diethyltriaminpentacetát) [17]. V průměru postačuje dodat ročně $20-30\text{ g Cu}\cdot\text{ha}^{-1}$ nebo v $1-10\text{ kg CuSO}_4$ na několik let [18].

2.3.4.1 *Symptomy nedostatku a nadbytku mědi*

Při nedostatku Cu se objevuje na listech chloróza, rostlina vadne, vývoj stonku je pomalý a snižuje se tvorba semen a vitalita pylu. Příznaky jsou nejzřetelnější na mladých částech rostliny. Nadměrné hnojení N zesiluje nedostatek Cu. Nedostatek mědi nejčastěji pozorujeme na rašelinových půdách s vysokým obsahem organických látek. Podle reakce na přihnojení Cu rozdělujeme rostliny s reakcí:

- Velmi dobrou – kopr, salát, cibule, pšenice, špenát, oves, ječmen
- Dobrou – mrkev, ředkev, slunečnice, kedlubny, bob, jetel, len, konopí
- Středně dobrou – zelí, cukrovka, brambory, krmná řepa, rajčata, vojtěška, vikev, květák
- Citlivé – fazole, hrách, sója, trávy [18].

Nejcitlivěji na nedostatek mědi v půdě reagují oves, ječmen a pšenice, méně žito, len a leguminózy, nejméně citlivé jsou brambory [17].

U obilovin se nedostatek mědi projevuje běláním konce listů a jejich stáčením. Zkracuje se délka internodií, snižuje se (popřípadě k ní vůbec nedochází) tvorba květů a semen [3].

I když měď je biogenním prvkem pro rostliny, 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 [17].

2.3.5 Bór

Rostliny přijímají bór ve formě aniontů kyseliny borité H_2BO_3^- , HBO_3^{2-} , BO_3^- 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 relativně nepohyblivý a jeho obsah obvykle narůstá od nižších částí rostlin k vyšším.

Bór má význam v látkovém a energetickém metabolismu rostlin. Přestože není složkou žádného enzymu, má vliv na aktivitu katalázy, peroxidázy, polyfenoloxidázy, askorbázy a auxinooxidázy.

Účast bóru byla potvrzena v následujících procesech:

- v glycidovém a fosforylačním metabolismu,
- v metabolismu nukleových kyselin,
- v metabolismu fosforečných sloučenin,
- v syntéze růstových látek.

Nedostatek bóru se projevuje morfologickými změnami a chlorózou 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 plochách se objevuje hnědá skvrnitost, sklovitost a deformace.

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.

2.3.6 Molybden

Rostliny přijímají molybden převážně jako aniont MoO_4^{2-} . Jeho potřeba je všeobecně velmi nízká. Obsah molybdenu v sušině organické hmoty se pohybuje většinou kolem $0,1\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ sušiny.

Přijatelnost molybdenu je vyšší na půdách zásaditých než na půdách kyselých, kde je nebezpečí vzniku těžce rozpustných oxidů. Příjem Mo může být inhibován ionty SO_4^{2-} , zatímco ionty fosforu příjem Mo stimulují [17].

Mo je v rostlině snadno pohyblivý. Pohyblivost molybdenu v rostlinách je spojena s oxidačně redukční reakcí buněčné šťávy, s obsahem fosforu, železa a manganu a s možnostmi změn mocenství. Do rostliny může molybden vstoupit jak kořeny, tak pokožkou nadzemních částí. Hromadí se hlavně ve vegetativních částech rostliny.

Molybden má mimořádně vysokou fyziologickou účinnost. Význam molybdenu při redukci nitrátů aktivací nitrátoreduktázy při syntéze bílkovin bývá zdůrazňován jako jeho hlavní funkce. Funguje jako nosič elektronů.

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

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

Deficience Mo se objevuje nejčastěji ve středu rostliny nebo na starých listech žlutou nebo žlutozelenou barvou. Listy jsou malé a mají nekrotické tečky [17].

2.4 Hnojení mikroelementy

Brambory nejsou řazeny k rostlinám, které mají specifické nároky na mikroelementy. Reakce na jejich aplikaci je střední, ať již jde o bór (B), měď (Cu), mangan (Mn), molybden

(Mo), zinek (Zn) či železo (Fe). Některé případy z praxe ale dokazují, že záležitost mikroelementů nelze pokládat za okrajovou. Například za původce projevů tzv. chlorózy brambor na listech bývá automaticky pokládán nedostatek hořčíku. Diagnóza disproporcí v příjmu hořčíku bývá sice často správná, ale kdybychom důsledně analyzovali všechny případy, přišli bychom také zřejmě na projevy nedostatku manganu, bóru nebo dalších mikroelementů.

Mikroelementy mají v rostlinách řadu nezastupitelných funkcí. Na rozdíl od makroelementů, které jsou v rostlinách stavebními prvky, se mikroelementy účastní v procesech regulace jednotlivých fyziologických procesů. Významnou úlohu mají v enzymatických procesech, které přímo aktivují. Například molybden je aktivátorem enzymu, který redukuje přijaté dusičnany, a je tak předmětem zájmu výzkumu z oblasti snížení obsahů dusičnanů v rostlinných produktech.

Největším pomocníkem pro rozhodnutí o případném doplnění mikroelementů do půdy jsou opět výsledky AZP na obsah mikroelementů a jejich porovnání s limitními hodnotami. ÚKZÚZ provedl v rámci cyklu AZP na začátku devadesátých let poměrně podrobné testování orné půdy na obsah mikroelementů (Mn, Mo, Zn, Cu a B). Bylo zjištěno, že většina půd v ČR je mikroelementy dobře zásobena. U manganu, zinku a mědi převažují půdy se středním obsahem. U molybdenu je obsah u většiny půd vysoký. Podíl hůře zásobených půd se pohybuje u všech čtyř uvedených prvků okolo 5 - 6 %. Méně příznivý stav byl zjištěn u bóru, u kterého podíl půd s nízkým obsahem dosahuje v ČR 19 %.

V případě nízkého obsahu mikroelementů v půdě na konkrétním stanovišti je třeba nedostatek řešit základním hnojením do půdy pro celý osevní sled. Běžnější a účelnější jsou ale foliární aplikace mikroelementů v období tvorby poupát až květu, které mohou řešit nedostatky v příjmu konkrétního prvku, působí i protistresově. Takové vlastnosti mají i speciální listová hnojiva, která zpravidla obsahují více prvků včetně nízké koncentrace makroelementů. Často obsahují i stimulatory růstu [18].

2.5 Požadavky brambor na půdu

Pro pěstování brambor by se měl obsah humusu v půdě pohybovat nad 2 %. Souvisí to i s požadavkem na optimální sorpci živin, která se zvyšuje s obsahem kvalitního humusu. V takových podmínkách pak nejsou problémy s přirozeným obsahem živin v rámci sta-

ré půdní síly. Jejich optimální zásoba se má pro brambory pohybovat přibližně na těchto hladinách: fosfor 80-115 mg.kg⁻¹ půdy, draslík 170-310 mg.kg⁻¹ půdy a hořčík 160-265 mg.kg⁻¹ půdy.

Hodnota půdní reakce je dalším důležitým hlediskem. Má významný vliv nejen na výživu rostlin (sorpcí kationtů a aniontů), ale patří mezi základní činitele ovlivňující výskyt strupovitosti. Bramborům nejlépe vyhovuje kyselá půdní reakce s pH 5,5-6,5. Z hlediska výnosu hlíz nedochází k poklesu ani při nižších hodnotách (kolem pH 4,8), neboť brambory nejlépe snášejí právě kyselejší půdní reakci.

2.6 Faktory výživy brambor

Příjem a využití živin rostlinami je obecně velmi složitý proces založený na synergickém nebo antagonistickém působení mnoha vnitřních a vnějších faktorů. Ovládat a řídit tyto procesy je nemožné, lze je ale poznávat a citlivými zásahy je korigovat s cílem dostatečně využít genetický potenciál pěstovaných odrůd. Základním procesem všech zelených rostlin je fotosyntéza. Rostliny bramboru přijímají stejně jako všechny vyšší rostliny ze vzduchu uhlík jako oxid uhličitý (CO₂) a z půdy pomocí kořenů vodu (H₂O). Oxid uhličitý a voda spolu s chlorofylem a sluneční energií slouží rostlinám k tvorbě organických látek. Ostatní živiny přijímají rostliny brambor zejména z půdy, i když některé formy živin mohou přijímat listy (např. CO(NH₂)₂). Obsah přístupných živin v půdě je velmi významným faktorem, který bývá souhrnně označován jako stará půdní síla. V mnoha polních pokusech bylo dokázáno, že na výživě rostlin se stará půdní síla podílí více, než přímé dodání živiny v minerálních hnojivech. Stará půdní síla se vytváří pravidelným hnojením a zúrodnováním, takže hnojení minerálními hnojivy v dávkách stanovených podle konkrétního stavu staré půdní síly je nutné a je dalším významným faktorem v procesu výživy brambor. Výživu brambor ovlivňuje výrazně půdní prostředí. Půda je složitý komplex, charakterizovaný zrnitostním složením, podílem vzduchu, kvalitou a mohutností jílovitohumusového komplexu, pH a mnoha dalšími ukazateli. Půdní prostředí, pokud ho udržujeme v optimálním stavu, je na daném stanovišti téměř neměnné. Předpokladem je ale aplikace živin k udržení staré půdní síly, pravidelné vápnění k udržení pH a šetrné mechanické zásahy, aby nedocházelo ke zhoršování fyzikálních vlastností půdy. Naopak, velmi proměnným faktorem je vliv povětrnostních podmínek, zejména srážek a teplot. V ranobramborářských oblastech, zejména v Polabí, jsou k dosažení časné produkce nutné závlahy, v ostatních oblastech, ve kterých se voda stává často limitujícím

oblastech, ve kterých se voda stává často limitujícím faktorem, je nyní ověřována účelnost kapkové závlahy spolu s přihnojováním (fertigací).

Vedle vnějších podmínek má na výživu brambor vliv příjmová kapacita rostlin. Hovoříme o intenzitě příjmu živin a o celkovém množství přijatých živin. Rostlina bramboru přijímá živiny téměř po celou dobu své vegetace [18]. Průměrné hodnoty odběru živin nutné na vytvoření 10 t hlíz spolu s nadzemní částí a kořeny jsou: 40 - 50 kg N, 8,8 kg P, 70 kg K, 22 kg Ca a 8,4 kg Mg.

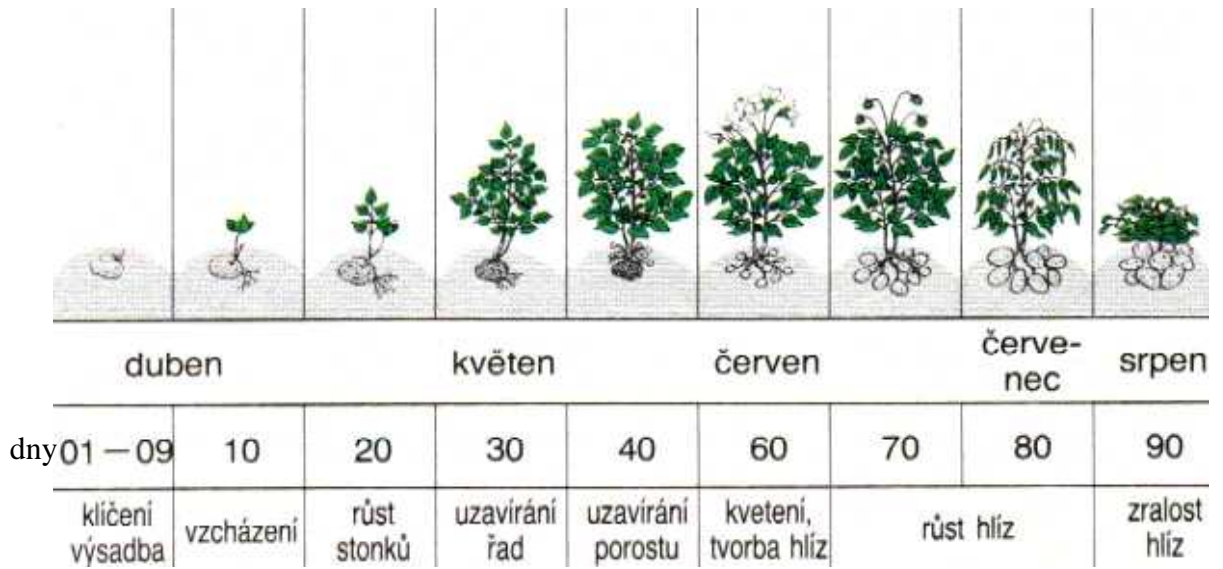
V různých obdobích růstu a vývoje se mění podíl částí rostlin (nadzemní hmoty, hlíz a kořenů) na celkovém množství přijatých živin (Obr. 8).

Z hlediska výživy a hnojení brambor jsou rozhodující tyto informace:

- **zrnitostní složení a obsah P, K a Mg v půdě** - slouží pro stanovení dávek fosforu, draslíku a hořčíku v minerálních hnojivech aplikovaných na podzim. S těmito hodnotami je třeba pracovat pokaždé před založením porostu.
- **obsah minerálního dusíku v půdě na jaře před sázením** - slouží pro zhodnocení obsahu přístupného dusíku v půdě a stanovení dávky N v minerálních hnojivech před sázením a během prvních fází vegetace. Jinak se dávka dusíku stanoví paušálně, a to podle dávky organického hnojiva, délky vegetační doby a užitkového směru pěstování.
- **hodnota pH** - jestliže není v intervalu optimálních hodnot, je třeba ji upravit, a to zpravidla zvýšit vápněním. Přímo k bramborům se však nevápní, brambory vyžadují spíše kyselejší půdní reakci, naopak zásaditější prostředí podporuje šíření obecné strupovitosti. Hodnota pH se zohledňuje raději v rámci rotace plodin nebo v cyklech agrochemického zkoušení půd (AZP).
- **hodnota obsahu humusu** - je důležitou informací o stavu organických látek v půdě. Při nízkých hodnotách (pod 1,8 %) je třeba zvýšit přívod organických látek do půdy.
- **obsah mikroelementů v půdě** - hodnoty slouží pro stanovení dávek mikroelementů aplikovaných na půdu, ale i na list. Jedná se zejména o zinek, měď, bór, molybden, mangan, síru. Brambory nemají vyhraněné požadavky na mikroelementy,

ale výrazný nedostatek se může projevit negativním vlivem na růst a vývoj porostu, zejména v pozdějších fázích vegetace.

- **obsah živin v listech** - hodnoty slouží pro posouzení výživného stavu porostu v raných fázích růstu a vývoje (do období začátku květu porostu).



Obr. 8. Fáze růstu a vývoje brambor (do období začátku květu porostu)

PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL DIPLOMOVÉ 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 mnohem důležitější kvalita bramborových hlíz než jejich kvantita.

Správnou dávkou minerálních hnojiv můžeme zásadně ovlivnit kvalitu bramborových hlíz a současně určovat tak výživovou hodnotu a vhodnost pro další potravinářské nebo jiné průmyslové zpracování. Ve své práci jsem se zaměřila na vliv mědi a zinku na základní chemické parametry bramborových hlíz. Zinek i měď jsou pro bramborovou rostlinu nezbytnými mikroelementy, ve vyšším množství však mohou působit toxicky.

Konkrétní cíle práce byly stanoveny takto:

1. V literárním přehledu se zaměřit na chemické složení bramborových hlíz. Dále zpracovat literaturu o současných poznatcích o vlivu mědi a zinku na biochemismus rostlin.
2. Založit nádobový pokus se stupňovanými dávkami mědi a zinku v půdě. Jako indikační plodiny použít velmi rané brambory.
3. U pěstovaných hlíz provést chemické analýzy na obsah sušiny, škrobu, hrubé bílkoviny, fosforu, mědi a zinku.
4. Získané výsledky statisticky vyhodnotit.
5. Provést souhrn zjištěných poznatků a srovnat ho s údaji publikovanými v dané oblasti za posledních 20 let.

4 METODIKA PRÁCE

Cílem práce bylo sledovat vliv stupňovaných dávek mědi a zinku v půdě na jakostní ukazatele bramborových hlíz. Experimenty byly řešeny formou nádobového pokusu. Nádobky byly umístěny v kryté vegetační hale na pokusném pracovišti Ústavu potravinářského inženýrství a chemie FT UTB ve Valašských Kloboukách.

Do každé nádoby bylo navažováno přesně 10 kg zeminy. Její agrotechnická charakteristika je uvedena v tabulce č. 16. Obsah makroprvků v půdě byl stanoven metodou podle Menlich III. Obsah mikroprvků v půdě byl stanovován metodou atomové absorpční spektrofotometre (AAS) ve výtluhu zeminy v c (HNO_3) = $2\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. [46] pH půdy bylo stanoveno ve výtluhu c (KCl) = $1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. [47]

Tab. 10. Agrochemická charakteristika použité půdy

pH půdy a průměrný obsah základních živin ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)				
pH	Fosfor	Draslík	Vápník	Hořčík
6,80	33	122	2411	186
Průměrný obsah mikroelementů ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)				
Mangan	Měď	Zinek	Molybden	Železo
514,23	14,52	17,44	2,55	4634

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

- 400 mg dusíku ve formě síranu amonného
- 380 mg P_2O_5 ve formě trojitého superfosfátu
- 520 mg K_2O ve formě síranu draselného

Výsadba brambor byla provedena 20. dubna 2006 po jedné hlíze na nádobu do hloubky 8 cm. Jako indikační plodina byly použity velmi rané brambory odrůdy *KOMTESA*. Každá varianta byla šestkrát opakována. Do pokusu byly zařazeny varianty se stupňovanými dávkami zinku a mědi podle následujícího schématu:

Tab. 11. Schéma pokusu – čísla variant a jim odpovídající
přídavek zinku a mědi do půdy v mg.kg^{-1} zeminy.

Číslo varianty	Použité přihnojení
I	KONTROLA
II	40 mg Zn.kg^{-1}
III	$100 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$
IV	$200 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$
V	20 mg Cu.kg^{-1}
VI	50 mg Cu.kg^{-1}
VII	$100 \text{ mg Cu.kg}^{-1}$

Stupňované dávky vycházely z jejich limitních obsahů v půdách. Pro měď je stanoven limitní obsah v lehké půdě 30 mg.kg^{-1} a pro ostatní půdy 50 mg.kg^{-1} . Pro zinek je stanoven limitní obsah v lehké půdě 50 mg.kg^{-1} a pro ostatní půdy 100 mg.kg^{-1} . [45]

Aplikace stupňovaných dávek zinku a mědi byla provedena 14 dní před výsadbou brambor a to u mědi ve formě dusičnanu měďnatého, který byl rozpuštěn v destilované vodě u zinku ve formě síranu zinečnatého rozpuštěného 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 provedena pravidelná záливka, kypření, přihnutí zeminy k rostlinám a likvidace plevelů.

Hlízy byly sklizeny po devadesáti dnech vegetace, kdy jsou v konzumní zralosti. Po důkladném očištění byly hlízy spočítány a zváženy. Po následném oloupání byly prováděny chemické analýzy dužiny bramborových hlíz z jednotlivých variant. A konkrétně byly stanovovány tyto jakostní ukazatele:

1. sušina – vysušení při 105°C do konstantního úbytku hmotnosti
2. škrob – metoda podle Ewerse [48]
3. hrubá bílkovina – byla stanovena jako celkový dusík (metoda podle Kjeldahla) a přepočtena koeficientem 6,25. [49]

4. fosfor – pro stanovení fosforu byla provedena mineralizace sušiny bramborových hlíz ve směsi koncentrované kyseliny sírové a 30 % H_2O_2 . Obsah fosforu v mineralizátu byl proměřen kolorimetricky pomocí vanadičnanové metody.[46]
5. obsah zinku a mědi – pro účely měření zmiňovaných kovů byla provedena mikrovlnná mineralizace. Obsah kovu v mineralizátu byl proměřen metodou AAS.
6. stanovení aminokyselin - Hydrolýza vzorků pro stanovení aminokyselin byla provedena c $(\text{HCl}) = 6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Chromatografická analýza hydrolyzátu byla provedena na přístroji AAA 400 (INGOS Praha) (Obr. 9.) pomocí sodnocitrátových pufrů s ninhydrinovou detekcí.[50] Obsah aminokyselin byl vyjádřen a mezi variantami porovnán standardní hodnotou - v g aminokyseliny na 16 g N [51].

Výsledky chemických analýzy byly zpracovány statisticky metodou analýzy variance (ANOVA). Pro vyhodnocení průkaznosti rozdílů byl použit Tukayův test při 5 % hladině významnosti.[52]



Obr. 9. AAA 400 (INGOS Praha)

4.1 Charakteristika rostlinného materiálu

4.1.1 Odrůda KOMTESA

Hospodářské vlastnosti

vegetační doba – velmi raná až raná

hlízy – velké, vzhledné, nárůst středně rychlý, počet pod trsem středně vysoký až nízký, středně odolné proti mechanickému poškození

výnos – v nejranějších termínech předčasných sklizních nízký, v pozdějších termínech a po dozrání vysoký

škrobnatost - středně vysoká až nízká

kvalita – varný typ BC, kypré až středně pevné konzistence, středně moučnaté, slabě až středně tmavé

nař – počáteční růst rychlý

choroby – středně odolná proti napadení virovými chorobami, méně odolná proti napadení plísní bramborovou na nati, odolná proti napadení aktinomycetovou strupovitostí bramboru, proti napadení rakovinou bramboru biotopu I rezistentní, proti napadení hád'átkem bramborovým biotypu Ro 1 rezistentní.



Obr. 10. Používané vzorky brambor odrůdy KOMTESA

Morfologické znaky

rostlina – středně vysoká až vysoká, polovzpřímená; tloušťka stonku střední, typ trsu přechodný; list středně velký až velký, lístek středně velký až velký, středně široký, zvlnění okraje velmi slabé; květ červenofialový, středně velký, četnost květů střední až vysoká

hlízy – oválné s mělkými očky, slupka červená, středně hladká až hrubá, barva dužniny

klíček – ^{žlutá}vejčitý, červenofialový s řídkým ochmýřením báze [53].

5 VÝSLEDKY

5.1 Výnosové parametry

Průměrná hmotnost bramborových hlíz a jejich průměrný počet v jednotlivých variantách jsou uvedeny v tabulce v přílohové části (Tab. P. II.). Pro přehlednost jsou výsledky znázorněny také v grafu (Graf P. II a., Graf P. II b.).

Stupňovaná množství zinku i mědi v půdě měly negativní vliv na výši výnosu i počet hlíz. Zatímco např. v kontrolní variantě bylo vypěstováno v průměru 298,05 g hlíz na nádobu, u varianty s nejvyšším množstvím zinku v půdě to bylo jen 206,36 g a u varianty s nejvyšším obsahem mědi byl průměrný výnos 174,86 g na nádobu.

Největší pokles oproti kontrole nastal u varianty zinku s přídatkem 40 mg na 1 kg zeminy a to o 65 % a nejnižší pokles nastal u varianty mědi s přídatkem 50 mg na 1 kg zeminy a to o 19%. Pokud porovnáme varianty zinku mezi sebou tak nejnižší průměrná hmotnost byla u varianty s 40 mg zinku a nejvyšší u varianty se 100 mg. U varianty s 200 mg zinku nastal pouze mírný pokles oproti variantě se 100 mg zinku a to o 3 %. U mědi nastala podobná situace. Nejnižší průměrná hmotnost byla u nejnižšího přídatku mědi, a to 174,13 g a nejvyšší byla u varianty s 50 mg mědi a to 240,75 g. U nejvyšší varianty tj. 100 mg Cu na 1 kg zeminy došlo k poklesu oproti druhé variantě o 27,4 %.

Průměrný počet hlíz na nádobu měl obdobný průběh u mědi jako u průměrné hmotnosti. U první varianty byl průměrný počet hlíz na nádobu 5 ks, u druhé varianty došlo k zvýšení průměrného počtu na nádobu na 7,17 ks (tj. o 30 %). U třetí varianty došlo k značnému poklesu na průměrný počet 5 ks na nádobu.

Tam, kde do půdy byl přidán zinek se průměrná hmotnost hlíz značně snížila. K největšímu poklesu došlo u druhé varianty, a to o 78 % v porovnání s kontrolní variantou. Nejnižší snížení nastalo vůči kontrolní variantě u třetí varianty (tj. s 200 mg Zn na 1 kg zeminy) a to o 56 %. Při srovnání všech tří variant zjistíme, že největší průměrný počet hlíz byl u varianty třetí tj. 4,5 ks. První a druhá varianta vykazovaly nižší počet hlíz. První varianta (s 40 mg Zn na 1 kg zeminy) měla průměrný počet hlíz 3,25 ks. Druhá varianta (se 100 mg Zn na 1 kg zeminy) měla průměrný počet hlíz 2,75 ks.

5.2 Obsah sušiny v bramborových hlízách

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

Stupňované dávky mědi měly za následek snížení sušiny bramborových hlíz. Při vyšších dávkách mědi (50 mg Cu.kg^{-1} zeminy) došlo k poklesu sušiny, a to ve srovnání s předchozí variantou tj. s 20 mg Cu.kg^{-1} i ve srovnání s variantou kontrolní. Velmi vysoké množství mědi v půdě – v našem případě varianta s $100 \text{ mg Cu.kg}^{-1}$ byl zaznamenáno další snížení obsahu sušiny v bramborových hlízách. Konkrétně to bylo 21,88 hmot. %, zatímco u kontroly byl stanoven průměrný obsah sušiny 22,91 hmot. %.

Stupňované dávky zinku měly za následek zvyšování sušiny. Varianta s nejnižším obsahem zinku (40 mg Zn.kg^{-1} zeminy) ve srovnání s kontrolní variantou však vykazovala nižší obsah sušiny, a to o 8 %. Následující varianta ($100 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$) též byla nižší než kontrolní varianta, a to o 0,3 %. U varianty s nejvyšším obsahem zinku došlo ke statisticky průkaznému zvýšení obsahu sušiny z 22,91 hmot. % na 25,57 hmot. %.

5.3 Obsah škrobu v bramborových hlízách

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

V případě mědi byl zaznamenán statisticky významný pokles množství škrobu v bramborových hlízách. Například u variant s dvěma nejvyššími úrovněmi obsahu mědi v půdě bylo v hlízách v průměru o 12 % méně škrobu ve srovnání s kontrolní variantou. U varianty s nejnižším obsahem došlo k poklesu škrobu o 5 % oproti kontrole. Varianty s dvěma nejvyššími úrovněmi obsahu mědi v půdě vykazovaly v hlízách v průměru o 6 % méně škrobu než varianta s nejnižším obsahem mědi v půdě.

V případě obsahu škrobu se projevil statisticky průkazně stimulační efekt zinku na syntézu škrobu. U všech variant došlo k zvýšení obsahu škrobu v hlízách proti kontrole. U varianty s $200 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ zeminy vzrostlo množství škrobu ve srovnání s kontrolní vari-

antou o 30 %. Nejnižší varianta vykazovala zvýšení o 3 % proti kontrole. Nejnižší rozdíl vykazovaly druhá a třetí varianta a tento rozdíl činil 1,40 %.

5.4 Obsah fosforu v bramborových hlízách

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

Stupňované dávky mědi neměly výrazný vliv na obsah fosforu v bramborových hlízách. Přídavkem mědi do půdy došlo jen k nepatrnému zvýšení, a to z 0,52 % sušiny na 0,53 %. Další přídavek do půdy způsobil další zvýšení obsahu fosforu o 10 % oproti kontrole. U varianty s nejvyšším obsahem mědi v půdě došlo naopak k poklesu obsahu fosforu, a to o 0,03 % sušiny ve srovnání s druhou nejvyšší variantou mědi. Pokud srovnáme variantu s nejvyšším obsahem mědi s kontrolní variantou došlo k navýšení nejvyšší varianty o 4 %.

Zvyšující obsah zinku měl za následek snižování obsahu fosforu v bramborových hlízách. Při obsahu 40 mg zinku v půdě na kg zeminy došlo k značnému nárůstu obsahu fosforu, a to o 40 % ve srovnání s kontrolou. Další navýšení obsahu zinku v půdě mělo za následek snížení obsahu fosforu, a to z 0,73 % na 0,62 % sušiny. Opětovným navýšením došlo k statisticky výraznému poklesu obsahu fosforu v bramborových hlízách. A to k snížení obsahu fosforu ve srovnání s druhou variantou (tj. 100 mg Zn.kg⁻¹) o 6 %, ale došlo i ke snížení vůči kontrolní variantě o 8 %.

5.5 Obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách

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

U vzorků kde byla do půdy přidána měď došlo ke zvýšení obsahu hrubé bílkoviny ve 100 gramech sušiny u všech vzorků. Nejvyšší navýšení nastalo u vzorku s nejvyšším přídavkem mědi do půdy, a to o 64 % ve srovnání s kontrolní variantou. Pokud porovnáme tuto variantu s první a druhou variantou došlo k zvýšení o 58 %. Pokud srovnáme první

a druhou variantu mezi sebou došlo pouze k nepatrnému zvýšení. Ani ve srovnání s kontrolou nedošlo u těchto dvou variant ke statisticky průkaznému rozdílu.

Vzorky, kde byl přidán do půdy zinek, vykazovaly postupné zvyšování hrubé bílkoviny ve 100 g sušiny. Varianta s nejnižším přídatkem zinku do půdy měla menší obsah hrubé bílkoviny ve 100 g sušiny o 6 % vůči kontrole. U druhé varianty (tj. se 40 mg zinku v půdě na kg zeminy) došlo k zvýšení obsahu hrubé bílkoviny ve 100 g sušiny vůči kontrolní variantě o 4 %. V případě nejvyššího přídatku zinku do půdy došlo k opětovnému navýšení ve srovnání s kontrolou. Pokud porovnáme jednotlivé varianty mezi sebou došlo vždy se zvyšující se přídatkem zinku do půdy ke zvýšení obsahu hrubé bílkoviny ve 100 g sušiny o 10 %.

5.6 Obsah mědi a zinku v bramborových hlízách

Průměrný obsah mědi a zinku v bramborových hlízách získaných z jednotlivých variant pokusu jsou uvedeny v tabulkách (Tab. P. VII.a a Tab. P. VII. b). Pro přehlednost jsou výsledky znázorněny také v grafech (Graf P. VII.a a Graf P VII .b).

U všech vzorků došlo k zvýšení obsahu mědi v bramborových hlízách ve srovnání s kontrolní variantou.

Se vzrůstajícím přídatkem mědi do půdy vzrůstal její obsah v bramborových hlízách. Při přidání 20 mg Cu na 1 kg zeminy byl stanoven obsah mědi v kg čerstvé hmoty 530,06 μg . Dalším přidáním mědi do půdy došlo k navýšení obsahu mědi v hlíze, a to o 27 %. Při navýšení na 100 mg Cu na 1 kg zeminy byl stanoven obsah mědi v kg čerstvé hmoty na úrovni 764,11 μg .

U variant, tam kde do půdy byl přidán zinek došlo k značnému nárůstu obsahu mědi v bramborových hlízách. Největší nárůst nastal u varianty s přídatkem obsahu zinku na úrovni 40 mg Zn na 1 kg zeminy, kdy došlo k zvýšení obsahu mědi z 355,15 μg v kg čerstvé hmoty u kontrolní varianty na 932,58 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. U další varianty tj. se 100 mg Zn. kg^{-1} zeminy došlo k snížení na 716,99 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Třetí varianta (200 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ zeminy) naopak proti předchozí variantě vykazovala navýšení na hodnotu 870,39 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Všechny varianty vykazovaly při srovnání s kontrolní variantou vyšší obsah zinku.

Porovnáme-li obsah zinku u vzorků, které byly přihnojeny mědí, tak u varianty s 20 mg Cu .kg⁻¹ zeminy byl obsah zinku 5434,02 μg.kg⁻¹čerstvé hmoty. Při dalším navýšení mědi v půdě došlo k poklesu obsahu zinku v hlízách o 33 % tj. na 3638,16 μg.kg⁻¹ čerstvé hmoty. Nejvyšší přídavek mědi do půdy způsobil značný nárůst obsahu Zn v hlízách až na 6518,13 μg.kg⁻¹čerstvé hmoty.

U variant s přídavkem zinku do půdy došlo se vzrůstajícím se přídavkem do půdy došlo se vzrůstajícím se přídavkem do půdy vzrůstal i obsah Zn v bramborových hlízách. Zatímco kontrolní varianta obsahovala 3409,77 μg.kg⁻¹čerstvé hmoty tak první varianta obsahovala 5184,21 μg.kg⁻¹čerstvé hmoty. Při dalším navýšení se obsah zinku zvýšil o 33,4 % na 6912,9 μg.kg⁻¹čerstvé hmoty. U varianty s 200 mg Zn .kg⁻¹zeminy došlo k značnému navýšení až na 11729,28 μg.kg⁻¹čerstvé hmoty. Při porovnání s předchozí variantou došlo k navýšení o 69,7 %.

5.7 Obsah aminokyselin v bramborových hlízách

Průměrný obsah aminokyselin v bramborových hlízách získaných z jednotlivých variant pokusu je uveden v tabulkách (Tab. P. VIII. a. a b.). Rozdíly v obsahu jednotlivých aminokyselin mezi variantami jsou znázorněny v grafech (Graf P. VIII.a. až Graf P. VIII.p.). pro ucelenost výsledků byl obsah aminokyselin vyjádřen a mezi variantami porovnán po přepočtení na g aminokyseliny v 16 g dusíku. Toto vyjádření je uvedeno v tabulce (Tab. P. IX. – viz. příloha).

Obsah aminokyselin byl sledován u variant, kde byl použit ke hnojení brambor zinek. Pro srovnání byly provedeny chemické analýzy pro stanovení obsahu aminokyselin u hlíz z kontrolní varianty.

Při porovnání průměrných hodnot obsahu aminokyselin v bramborových hlízách je patrné, že nejvyšší podíl z celkového množství aminokyselin zaujímá kyselina asparagová a kyselina glutamová (Tab. P. VIII. a,b – viz. příloha). Např. u kontrolní varianty bylo obsaženo v hlízách v průměru 2,98 g kyseliny asparagové a 1,66 g kyseliny glutamové v 1 kg čerstvé hmoty. Průměrné obsahy většiny ostatní aminokyselin se pohybovaly v rozmezí 0,29 g.kg⁻¹ (histidin) až 0,94 g.kg⁻¹ čerstvé hmoty (leucin). Nízký obsah – v kontrolní variantě 0,29 – 0,34 g.kg⁻¹ čerstvé hmoty – byl zaznamenán u histidinu a u sirných aminokyselin cysteinu a methioninu.

U kontrolní varianty byl naměřen celkový obsah aminokyselin $13,51 \text{ g.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. U varianty s 40 mg Zn.kg^{-1} zeminy však už bylo toto množství na úrovni pouze $13,40 \text{ g.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty a u varianty se $100 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ zeminy to bylo $14,73 \text{ g.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Velmi vysoká dávka zinku v půdě ($200 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ zeminy), podobně jako při stanovení hrubých bílkovin, zaznamenala zvýšení obsahu aminokyselin oproti předchozím dvěma variantám.

Při hodnocení vlivu přídatku zinku do půdy na obsah jednotlivých aminokyselin bylo dosaženo následujících výsledků (Graf P. VIII. a až Graf P. VIII. p):

1. Dávka 40 mg Zn.kg^{-1} zeminy zaznamenalo statisticky významné snížení obsahu argininu, kyseliny asparagové ve srovnání s kontrolní variantou.
2. Dávka 40 mg Zn.kg^{-1} zeminy zaznamenalo statisticky významné zvýšení obsahu glycinu, prolinu, alaninu, threoninu, isoleucinu, fenylalaninu, kyseliny glutamové, valinu, leucinu, tyrosinu, serinu.
3. Dávka $100 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ zeminy se statisticky průkazně projevila na snížení obsahu leucinu, threoninu, tyrosinu, serinu, glycinu, alaninu ve srovnání s variantou s 40 mg Zn.kg^{-1} zeminy.
4. Dávka $100 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ zeminy se statisticky průkazně projevila na zvýšení obsahu methioninu, histidinu, argininu, prolinu, alaninu, fenylalaninu, kyseliny glutamové, valinu ve srovnání s kontrolní variantou. Oproti variantě s 40 mg Zn.kg^{-1} zeminy však došlo k nárůstu obsahu methioninu, argininu, fenylalaninu, kyseliny glutamové, asparaginu, valinu.
5. Dávka $200 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ zeminy statisticky významně zvýšila obsah všech aminokyselin v výjimkou glycinu a alaninu ve srovnání s variantami 40 mg Zn.kg^{-1} a $100 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ zeminy.
6. Dávka $200 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ zeminy zvýšila obsah všech aminokyselin ve srovnání s kontrolní variantou.

Pro úplnost výsledků byl průměrný obsah aminokyselin v bramborových hlízách přepočten na g aminokyseliny v 16 g dusíku. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tab. P. IX.).

U vlivu přidavku zinku do půdy na průměrný obsah jednotlivých aminokyselin v bramborových hlízách, přepočtený na g aminokyselin v 16 g N, bylo dosaženo následujících výsledků (Graf P. IX a až p.):

1. Dávka 40 mg Zn.kg⁻¹ zeminy zaznamenalo statisticky významné snížení obsahu argininu, kyseliny asparagové ve srovnání s kontrolní variantou.
2. Dávka 40 mg Zn.kg⁻¹ zeminy zaznamenalo statisticky významné zvýšení obsahu glycinu, prolinu, alaninu, threoninu, isoleucinu, fenylalaninu, kyseliny glutamové, valinu, leucinu, tyrosinu, serinu, lysinu, methioninu, histidinu.
3. Dávka 100 mg Zn.kg⁻¹ zeminy se statisticky průkazně projevila na snížení obsahu leucinu, threoninu, tyrosinu, serinu, glycinu, alaninu, lysinu, cysteinu, prolinu, isoleucinu ve srovnání s variantou s 40 mg Zn.kg⁻¹ zeminy.
4. Dávka 100 mg Zn.kg⁻¹ zeminy se statisticky průkazně projevila na zvýšení obsahu methioninu, histidinu, argininu, prolinu, alaninu, fenylalaninu, kyseliny glutamové, valinu, isoleucinu ve srovnání s kontrolní variantou. Oproti variantě s 40 mg Zn.kg⁻¹ zeminy však došlo k nárůstu obsahu methioninu, argininu, fenylalaninu, kyseliny glutamové, asparaginu, valinu, histidinu.
5. Dávka 200 mg Zn.kg⁻¹ zeminy statisticky významně zvýšila obsah kyseliny asparagové a prolinu ve srovnání s variantami 40 mg Zn.kg⁻¹ a 100 mg Zn.kg⁻¹ zeminy.
6. Dávka 200 mg Zn.kg⁻¹ zeminy zvýšila obsah kyseliny asparagové, valinu, fenylalaninu, methioninu, prolinu, isoleucinu, histidinu a argininu ve srovnání s kontrolní variantou.

U kontrolní varianty byl naměřen celkový obsah aminokyselin 85,76 g.16g⁻¹ N. U varianty s 40 mg Zn.kg⁻¹ zeminy došlo k navýšení množství na úroveň 88,40 g.16g⁻¹ N a u varianty se 100 mg Zn.kg⁻¹ zeminy došlo k dalšímu zvýšení na 91,15 g.16g⁻¹ dusíku. Velmi vysoká dávka zinku v půdě (200 mg Zn.kg⁻¹ zeminy) měla na celkový obsah aminokyselin přepočtených na 16 g dusíku opačný vliv tj. došlo k poklesu na úroveň 85,70 g na 16 g dusíku.

6 DISKUSE

Brambory jsou ve světovém měřítku po pšenici, kukuřici a rýži čtvrtou nejdůležitější plodinou, která zajišťuje výživu obyvatel. Setkáváme se s nimi 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 pro zpracování na potravinářské výrobky a polotovary.

Pěstování brambor patří k nejsložitějším úsekům zemědělské rostlinné výroby i potravinářského zpracování. Jde především o organizační pestrost, složitost, a dále značnou citlivost brambor na agrochemické zásahy, mechanické poškození a velký výskyt chorob [14].

Výživová hodnota brambor je dána jejich látkovým složením a kvalitou. U konzumních brambor se vyskytuje komplex sloučenin důležitých pro lidskou výživu. Brambory tvoří hodnotnou glycidovou, sytící potravinu, která se vyznačuje vysokou nutriční hodnotou, obsahem vitamínů a minerálních látek. Chemické složení hlíz je výsledkem řady biochemických reakcí v závislosti na genotypu, stanovišti, klimatických podmínkách, podmínkách skladování a fyziologickém stavu hlíz [28].

Jedním ze základních parametrů, který rozhoduje o výnosu a chemickém složení bramborových hlíz, jsou agrochemické vlastnosti půdy. I přesto, že vliv základních živin na kvalitu brambor je všeobecně znám, mohou chemické prvky v půdě ovlivňovat finální produkt často zcela rozdílným způsobem. Kromě správně zvoleného hnojení závisí produkce brambor na celém souboru dalších ekologických činitelů.

Zinek i měď jsou pro bramborovou rostlinu nezbytnými mikroelementy, ve vyšším množství však mohou působit toxicky. V rostlinném organismu mají biochemickou funkci a jejich zvýšená kumulace s sebou přináší i riziko změny chemického složení rostliny [55]. V našem pokusu byly záměrně použity vysoké dávky těchto kovů, které vycházely z limitních hodnot obsahu rizikových prvků v půdách podle platné české legislativy [54].

Ve své diplomové práci jsem se zabývala vlivem zinku a mědi na výnos a chemické složení brambor. Problematiku jsem řešila formou nádobového pokusu se stupňovanými dávkami zinku a mědi v půdě. Jako indikační plodinu jsem použila velmi rané brambory, které byly sklizeny v konzumní zralosti. Po zvážení a spočítání hlíz z každé varianty jsem stanovovala obsah některých chemických látek, které jsou ukazateli jakosti pro bramborové

hlízy [56]. Konkrétně jsem se zaměřila na obsah sušiny, škrobu a hrubé bílkoviny. Dále jsem sledovala vliv hnojení zinkem a mědí na ukládání těchto prvků v hlízách. Největší část své experimentální činnosti jsem věnovala hydrolyze vzorků pro stanovení aminokyselin, které byly následně proměřeny pomocí chromatografické analýzy. Výsledky obsahu jednotlivých aminokyselin byly sledovány a statisticky porovnány mezi kontrolní variantou a variantami se stupňovanými dávkami zinku.

Stupňované dávky mědi i zinku v půdě měly negativní vliv na průměrnou hmotnost hlíz i počet hlíz. Tím jsem ve svém pokusu potvrdila skutečnost, že obsah těžkých kovů je pro bramborovou rostlinu stresujícím faktorem a může vést ke změnám ve výnosu i obsahu zásobních látek [28]. Určit přesnou dávku zinku a mědi, kdy působí inhibičně na výnos a kdy naopak už výnos stimuluje je složité a závisí pravděpodobně na souboru dalších faktorů [59]. Jedná se převážně o faktory vnější jako je druh půdy, obsah organických látek, pH, interakce mezi prvky v půdě, klimatické podmínky [18]. U zinku při nízkém pH půdy dochází k jeho vymývání a tím i k nízké zásobě v půdě. U mědi může nastat při vysokém pH půdy latentní deficit mědi v půdě. Problematika spočívá v tom, že vzhledem k nedostatku výsledků pokusů týkajících se zinku a mědi neexistuje jednoznačná hodnota pH [57].

Další faktor, který má vliv na příjem zinku rostlinou je přítomnost některých kovů např. podpůrné působení Fe^{+2} a Mg^{+2} , ale depresivně působí Mg^{+2} , Ca^{+2} , Sr^{+2} , Ba^{+2} v prostředí. A na obsah mědi mají depresivní účinky vysoké dávky dusíku [58].

Dalším faktorem je počasí. Při suchu se ve vodě rozpustné stopové prvky nedostanou k rostlinám, při vysokých srážkách dochází k jejich vymývání z kořenové zóny. Proto opatření proti výskytu deficitu jsou u obou prvků obtížná [57].

Stupňované dávky zinku a mědi v mém pokusu měly vliv na změnu obsahu sušiny bramborových hlíz. Zatímco u mědi docházelo se zvyšující se dávkou mědi v půdě k snižování obsahu sušiny v bramborových hlízách vůči kontrolní variantě.

U zinku docházelo k opačnému efektu tj. docházelo k postupnému zvyšování obsahu sušiny v hlízách. U variant 40 mg Zn a 100 mg Zn na 1 kg zeminy byl obsah sušiny nižší než u kontrolní varianty, ale u varianty s 200 mg Zn na 1 kg zeminy došlo k nárůstu na 25,57 hmot. % sušiny z 22,91 hmot. % sušiny u kontrolní varianty.

Tím jsem ve svém pokusu potvrdila, že obsah sušiny je variabilní a záleží na řadě faktorů jako je např. odrůda, agrotechnika, vegetační podmínky daného ročníku [14].

Cílem práce bylo i stanovit obsah škrobu v hlízách a zjistit zda změna obsahu škrobu neovlivnila obsah sušiny v bramborových hlízách. V mém pokusu měly oba kovy stejný efekt na obsah škrobu jako u sušiny. Tj. přídavek mědi do půdy měl negativní vliv na obsah škrobu v bramborových hlízách. Naopak zinek měl na obsah škrobu v hlízách stimulační vliv a se zvyšujícím se obsahem zinku v půdě se zvyšoval obsah škrobu v hlízách.

To mohlo být dáno tím, že jsem použila velmi rané odrůdy brambor, u nichž může být odlišný genetický předpoklad pro tvorbu polysacharidů. Škrob není pro velmi rané brambory tak důležitým nutričním ukazatelem jako pro brambory určené pro potravinářské nebo další průmyslové zpracování [60].

U hlíz, které jsem vypěstovala v nádobách se stupňovanými dávkami zinku a mědi v půdě, jsem dále sledovala také obsah fosforu. Fosfor sice nepatří mezi základní ukazatele jakosti brambor [56], ale je významným minerálním prvkem, který zvyšuje nutriční hodnotu brambor [28]. Dobrá zásoba fosforu v půdě zabezpečuje nejen kvalitní výnosy, ale zajišťuje i jeho koloběh v celém potravním řetězci [18]. Ke stanovení tohoto prvku v bramborových hlízách mě vedla také skutečnost, že vysoké obsahy některých minerálních prvků v životním prostředí, zejména v půdách a vodě, mohou velmi zajímavým způsobem ovlivňovat jejich obsahy v konzumních orgánech rostlin [61]. Navíc při posuzování půdního fosforu se prokázal vliv interakcí s jinými prvky [59]. Díky těmto reakcím dnes můžeme využívat hnojení fosforem jako účinný prostředek pro snižování přístupnosti a tím fyto-toxicity některých pro zdraví člověka nebezpečných cizorodých prvků [59]. U brambor se prokázal výrazný vliv fosforu na zvyšování kvality brambor rostoucích na kontaminovaných půdách [28].

Stupňované dávky mědi neměly na obsah fosforu v sušině statisticky průkazný vliv. Naopak u zinku jsem prokázala, že nízký obsah zinku v půdě statisticky průkazně zvyšuje obsah fosforu v sušině. Dávka 200 mg Zn na 1 kg zeminy způsobila statisticky průkazné snížení obsahu fosforu v sušině oproti kontrolní variantě.

Tyto výsledky plně korespondují s pracemi některých dalších autorů, kteří poukazují na skutečnost, že vysoké dávky zinku ovlivňují příjem fosforu rostlinou a to tak, že působí na jeho příjem depresivně. (Kincl 2003) uvádí, že nedostatek zinku brání využití fosforu rostlinou.

V experimentální části své diplomové práce jsem se dále věnovala stanovení aminokyselin a obsahu hrubé bílkoviny v bramborových hlízách. Analýzy jsem prováděla

u hlíz, které byly získány z variant přihnojených mědí a zinkem. Pro stanovení byly analyzovány také hlízy z kontrolní varianty.

Stupňované dávky zinku v půdě postupně zvyšovaly obsah hrubé bílkoviny s výjimkou dávky 40 mg Zn na 1 kg zeminy. Tato dávka vykazovala nižší obsah hrubé bílkoviny ve 100 g sušiny než u kontrolní varianty.

Řada autorů ve svých pracích uvádí, že zinek se podílí na dusíkatém metabolismu rostlin. Především se zúčastňuje asimilace NO_3^- . Dále zinek aktivně ovlivňuje syntézu proteinů [58].

Se stupňující se dávkou mědi v půdě se statisticky průkazně zvyšoval obsah hrubé bílkoviny ve 100 g sušiny ve srovnání s kontrolní variantou. Přídavek 20 mg Cu na 1 kg zeminy měl za následek zvýšení obsahu hrubé bílkoviny oproti kontrolní variantě o 0,2 g na 100 g sušiny. Další přídavek mědi do půdy měl za následek další zvýšení hrubé bílkoviny o 0,2 g na 100 g sušiny oproti předchozí variantě. Při přidání 100 mg Cu na 1 kg zeminy došlo k značnému nárůstu obsahu hrubé bílkoviny na 100 g sušiny, a to vůči kontrolní variantě o 64%.

Stejně jako zinek se i měď podílí na redukci nitrátů v rostlině. Dále se měď objevuje v proteinovém a sacharidovém metabolismu. U mladých rostlin je měď velmi aktivní při proteinové syntéze [58].

Citlivost brambor na obsah dusíku v životním prostředí je pravděpodobně v přímé koleraci s vlivem lokality, ale největší roli hrají specifické podmínky vegetačního období a genetická výbava jednotlivých odrůd [2].

Dále jsem ve své práci zjišťovala obsah mědi a zinku v bramborových hlízách. Kdy jsem stanovovala jaký vliv má přídavek mědi a zinku do půdy na změnu obsahu těchto kovů v bramborových hlízách.

Jak přídavek mědi, tak přídavek zinku do půdy měly za následek zvýšení obsahu mědi u všech variant ve srovnání s kontrolní variantou. Se zvyšujícím se přídavkem mědi do půdy docházelo k snižování rozdílu obsahu mědi mezi variantami. Při přidání zinku do půdy došlo k zvýšení obsahu mědi v μg na kg čerstvé hmoty s porovnáním s kontrolní variantou. Při přídavku 40 mg Zn na 1 kg zeminy došlo k zvýšení obsahu mědi z 355,15 μg na kg čerstvé hmoty u kontrolní varianty na 932,58 μg na kg čerstvé hmoty. Další přídavek

zinku do půdy měl za následek snížení obsahu mědi v hlízách o 23%, ale dalším navýšením zinku v půdě opět vzrostl obsah mědi v hlízách a to o 21% vůči předchozí variantě.

Příčinou snižování rozdílu mezi variantami při zvyšujícím se obsahu mědi v půdě je to, že rostliny přijímají měď pouze v malém množství. Přijatou měď rostlina ukládá převážně v kořenech než v nadzemní části [58].

Při stanovení obsahu zinku v hlízách byl průběh podobný jako u mědi. Tj. všechny varianty vykazovaly zvýšený obsah zinku v hlíze oproti kontrolní variantě. Se zvyšující se dávkou Zn v půdě se zvyšoval i jeho obsah v hlíze. Mezi variantami se 40 mg Zn a 100 mg Zn na 1 kg zeminy v půdě došlo k navýšení o 33,7%. Varianta s nejvyšším přídávkem zinku do půdy vzrostla oproti předchozí variantě o 69,7%. Vliv přídatku mědi do půdy neměl jednoznačný vliv, neboť dávky 20 mg Cu a 100 mg Cu na 1 kg zeminy vykazovaly větší obsah zinku o 33% vůči variantě s 50 mg Cu na 1 kg zeminy.

Svémi výsledky jsem potvrdila, že vysoké dávky zinku v půdě rostliny tolerují díky jeho způsobu mechanismu poutání v buněčných stěnách. A současně pokusy potvrdily, že zinek je vázán u tolerantních ekotypů na pektátovou frakci [18].

Aminokyseliny jsou základní sloučeniny, z nichž se vytvářejí bílkoviny, nukleové kyseliny a další dusíkaté sloučeniny [18]. Převažujícími aminokyselinami v bramborách jsou kyselina asparagová a glutamová a tyrosin [62]. Ve svém pokusu jsem dospěla ke stejnému závěru u prvních dvou aminokyselin tj. u kyseliny asparagové a glutamové jejichž vysoký obsah je pro brambory typický [64]. Ale u tyrosinu jsem naměřila jen průměrnou hodnotu ve srovnání s ostatními aminokyselinami. Literatura uvádí, že zinek je potřebný pro syntézu tryptofanu, který je prekurzorem indolyloctové kyseliny. Při deficienci zinku bylo prokázáno, že rostliny rajčat i kukuřice mají nízký obsah tryptofanu a aminokyselin. Přidáním zinku nebo tryptofanu do živného prostředí dochází ke zvýšení hladiny tryptofanu v rostlinách [18].

Aminokyseliny mají také značný technologický význam, protože tyrosin se spolu podílí na tmavnutí hlíz během potravinářského zpracování [42]. A kyseliny glutamová a asparagová tvoří základní chuť brambor [16]. Z dalších aminokyselin má technologický význam také např. lysin nebo glycin. Jejich obsahy byly u hlíz z kontrolní varianty mého pokusu v případě lysinu $0,92 \text{ g.kg}^{-1}$ a u glycinu $0,53 \text{ g.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. To bylo méně než u kyseliny glutamové nebo asparagové. Lysin a glycin jako volné aminokyseliny

v bramborové hlíze reagují s redukujícími cukry a ovlivňují tak barevné změny při tepelném zpracování brambor [64].

K těmto výsledkům jsem dospěla i ve své práci. Obsah methioninu a cysteinu u hlíz z kontrolní varianty byl v případě methioninu $0,34 \text{ g.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty a u cysteinu $0,32 \text{ g.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty. Nejnižší obsah však vykazovala další aminokyselina a to histidin $0,29 \text{ g.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty.

Ve srovnání variant u zinku s kontrolní variantou došlo k tomu, že se zvyšující se dávkou zinku do půdy vzrůstal obsah aminokyselin ve hlízách s výjimkou byly aminokyseliny arginin a kyselina asparagová, a to pouze u první varianty tj. s 40 mg Zn na 1 kg zeminy.

Pro úplnost výsledků byl průměrný obsah aminokyselin v bramborových hlízách přepočten na g na 16 g dusíku. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce v příloze (Tab. P. IX.).

Při zhodnocení výsledků literární rešerše i z výsledků experimentální části mé diplomové práce vyplývá, že hnojení brambor je nezastupitelnou součástí pěstitelských opatření. Podmínky pro výživu brambor jsou z hlediska půdních vlastností rozhodujícím způsobem ovlivňovány druhem a reakcí půdy, zásobou živin, biologickou činností půdy, obsahem organických látek, sorpční schopností půdy apod. [17]. Podstatný je vliv průběhu počasí, protože při suchu se ve vodě rozpustné stopové prvky nedostanou k rostlinám, při vysokých srážkách dochází k jejich vymývání z kořenové zóny [57]. Protože pěstování konzumních brambor v ČR se netýká pouze produkce raných konzumních brambor, ale zahrnuje i pěstování odrůd s delší vegetační dobou a dokonce odrůd pro výrobu potravinářských výrobků je nutné dbát na dobrý výběr typu hnojení a brát v úvahu i odlišnosti jednotlivých zemědělských výrobních oblastí [65]

7 NÁVRHY A DOPORUČENÍ

Hnojení brambor je základním agrotechnickým opatřením, které má vést k zabezpečení vysoké a stabilní sklizně. S rozvojem moderních poznatků o nutriční hodnotě potravin je stále více kladen důraz také na kvalitu zemědělských produktů.

Stopové prvky jako zinek a měď mají v rostlinách řadu nezastupitelných funkcí. Na rozdíl od makroelementů, které jsou v rostlinách stavebními prvky, se mikroelementy (stopové prvky) účastní v procesech regulace jednotlivých fyziologických procesů. Významnou úlohu mají v enzymatických procesech, které přímo aktivují [58]. 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.

Ve své diplomové práci jsem experimentálně srovnávala kvalitu hlíz velmi raných brambor vypěstovaných na půdách s modelovými dávkami zinku a mědi. U každého prvku byly zvoleny vždy tři varianty úrovně hnojení. V první variantě bylo použito menší množství mědi a zinku než je běžně používáno. U druhé varianty bylo použito běžné množství mědi a zinku aplikované v zemědělské praxi a v poslední variantě byl pro srovnání použit dvojnásobek této dávky.

Na základě dosažených výsledků a po jejich srovnání s literaturou navrhuji následující doporučení:

1. Pro stabilní výnos velmi raných brambor je nutné zajistit optimální obsah mědi a zinku v půdě. **V případě nízkého obsahu mikroelementů v půdě na konkrétním stanovišti je třeba nedostatek řešit základním hnojením do půdy pro celý osevní sled, ale nedoporučuji aplikovat mikroelementy v malém množství do půdy preventivně.**
2. V případě zjištění nedostatku zinku a mědi **v období tvorby poupat až květu jsou běžnější a účelnější foliární aplikace**, které mohou řešit nedostatky v příjmu konkrétního prvku a současně působí i protistresově.
3. Také při hnojení odrůd brambor dalších užitkových směrů musíme volit množství zinku a mědi použitého k hnojení velmi uvážlivě. Hlavně u brambor, kde nám záleží na obsahu škrobu. Ve svém pokusu jsem zjistila, že zinek má stimulační efekt

na tvorbu škrobu. Naopak u mědi jsem zjistila statisticky významný negativní vliv na syntézu škrobu. **U brambor určených pro škrobárenský průmysl doporučuji pro větší zisk škrobu používat dávek zinku max. do 100 mg.kg⁻¹ zeminy.** Neboť dávka 200 mg Zn.kg⁻¹ zeminy zvyšuje také syntézu škrobu v hlízách, ale dochází k překročení limitního obsahu v půdách.

4. Kvalita bramborových hlíz je také dána jejich náchylností k barevným změnám v průběhu potravinářského zpracování. Na těchto nežádoucích reakcích se podílejí také volné aminokyseliny, a to zejména: kyselina asparagová, kyselina glutamová, tyrosin, lysin a glycin. Obsah těchto aminokyselin vzrůstá v bramborách po jejich nadměrném hnojení zinkem. **Ve vztahu ke kvalitě brambor určených pro tepelné zpracování, proto doporučuji používat dávek zinku max. do 40 mg.kg⁻¹ zeminy** (viz kapitola „, Výsledky“).

8 ZÁVĚR

Brambory jsou plodinou, která je schopna vyprodukovat velké množství organických látek, důležitých pro lidskou výživu, krmení hospodářských zvířat i pro zpracovatelský průmysl. Tvoří významnou energetickou složku potravy proto, že obsahují škrob (tvoří 70 – 80 % sušiny). Minerální látky představují asi 5 % sušiny bramborové hlízy. Jedná se převážně o bazické prvky (Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu, P, Br, Ni, Mo, Na atd.), které způsobují, že brambory jsou zásaditou potravinou [2]. Měď i zinek jsou zastoupeny v hlízách v malém množství, proto je označujeme jako stopové prvky. Průměrný obsah zinku v hlízách je $2,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ a u mědi $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ čerstvé hmoty [59].

Cílem mé diplomové práce bylo sledovat vliv stupňovaných dávek zinku a mědi v půdě na výnos a jakostní ukazatele velmi raných brambor. Problematika byla řešena formou nádobového pokusu, kde byly použity tři rozdílné dávky zinku a tři rozdílné dávky mědi do půdy.

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

1. Každé zvýšení množství zinku v půdě znamenalo snížení počtu hlíz vytvořených jednou rostlinou a snižovala se i hmotnost připadající na jednu hlízu.

2. Stupňované dávky zinku statisticky významně zvyšovaly obsah sušiny a škrobu v bramborových hlízách.
3. Přídavek zinku do půdy se projevil postupným zvyšováním hrubé bílkoviny na 100 g sušiny bramborových hlíz.
4. Stupňované dávky zinku do půdy se projevíly postupným snižováním obsahu fosforu v procentech sušiny bramborových hlíz.
5. Se zvyšující se dávkou zinku v půdě se značně zvyšoval obsah mědi v bramborových hlízách.
6. Dávka $200 \text{ mg Zn.kg}^{-1}$ zeminy v půdě zvýšila obsah všech aminokyselin v čerstvé hmotě bramborových hlíz.

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

1. Každé zvýšení množství mědi v půdě znamenalo snížení počtu hlíz vytvořených jednou rostlinou a snižovala se i hmotnost připadající na jednu hlízu.
2. Stupňované dávky mědi statisticky významně snižoval obsah sušiny a škrobu v bramborových hlízách.
3. Přídavek mědi do půdy se projevil zvýšeným obsahem hrubé bílkoviny na 100 g sušiny bramborových hlíz.
4. Se zvyšující se dávkou mědi v půdě se zvyšoval obsah zinku v bramborových hlízách.

Součástí mé diplomové práce je také rozsáhlý literární přehled týkající se problematiky chemického složení bramborových hlíz a významu prvků pro rostliny. Na základě této rešerše a s využitím výsledků experimentální části diplomové práce jsem navrhla některá doporučení pro pěstování velmi raných brambor, která by zabezpečovala vysokou nutriční hodnotu hlíz při současném zachování standardní výše výnosu (viz. kapitola „Návrhy a doporučení“).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JELÍNEK, K., a kol. Přehled biologie. 1. vydání, Praha: SPN. 1987. 467 s.
- [2] RYBÁČEK, V., a kol. Brambory, Praha: SZN. 1988. 360 s.
- [3] BAIER, J. Abeceda výživy a hnojení rostlin, Praha: SZN. 1969. 409s.
- [4] VOSTAL, J. Základy výživy a hnojení hlavních plodin, Agrofert a.s. Praha 1994. 94s.
- [5] POTÁČEK, M. Organická chemie pro biology, Masarykova univerzita Brno 2002. 208s.
- [6] KOTLÍK, B., RŮŽIČKOVÁ, K. Chemie v kostce II. Pro střední školy, Fragment. 1997. 135 s. ISBN 80-7200-342-9.
- [7] ROSYPAL, S. Přehled biologie, Scientia, spol. s. r. o. pedagogické nakladatelství Praha. 1998. 642 s. ISBN 80-7183-110-7.
- [8] DUDAŠ, F. Skladování a zpracování rostlinných výrobků, Praha: SZN. 1981. 384s.
- [9] ŠIMEK, J. Brambory a bramborové pokrmy, Praha: Horizont. 1991. 200 s.
- [10] ROP, O., VALÁŠEK, P. Teoretické principy konzervace potravin I. Hlavní konzervařenské suroviny, Zlín. 2005. 130 s.
- [11] KUHN, V. Speciální pěstování rostlin, Praha: SZN. 1960. 253 s.
- [12] PELIKÁN, M., a kol. Technologie sacharidů. Brno: MZLU. 2002. 152 s.
- [13] HRABĚ, J., KOMÁR, A. Technologie, zbožiznalství a hygiena potravin III.část. Vyškov. 2003. 170s.
- [14] MINX, L., a kol. Rostlinná výroba II pro PEF. VŠZ Brno. 1987. 131s.
- [15] Vyhláška Mze 157/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakožto i další způsoby jejich označování.
- [16] CHLOUPEK, O., a kol. Pěstování a kvalita rostlin. Brno: MZLU. 2005. 181 s. ISBN 80-7157-897-5.

- [17] RYANT, P. Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin. Brno: MZLU. 2004.
- [18] RICHTER, R., HLUŠEK, J. Výživa a hnojení rostlin (I. obecná část). Brno: MZLU. 1994. 177s. ISBN 80-7157-138-5.
- [19] MURRAY, K. R., a kol. Harperova biochemie. Nakladatelství H+H. 2002. 872 s. ISBN 80-7319-013-3.
- [20] HAVELKA, B. Výživa a hnojení zahradnických rostlin. Praha: SPN. 1990. 271 s.
- [21] PROCHÁZKA, S., a kol. Fyziologie rostlin. Academia. 1998. 484 s. ISBN 80-200-0586-2.
- [22] VALOVÁ, P. Změny obsahu aminokyselin v bramborách v závislosti na hnojení dusíkem. Sborník soutěže Studentské tvůrčí činnosti Student 2006 a doktorské soutěže O cenu děkana 2005 a 2006. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická. 2006. 259 s. ISBN: 80-214-3321-3.
- [23] MED, J. Přehled odrůd 2004 brambory. Brno: ÚKZÚZ. 2004. 110 s. ISBN 80-86548-47-3.
- [24] JUN, J. Skladování brambor. Praha: SZN. 1983. 240 s.
- [25] RASOCHA, V., a kol. Choroby, škůdci a abionózy brambor. Orion spol. s r.o. 2004. 74 s. ISSN 1211-362 X.
- [26] SOUČKOVÁ, H. Nakládání s netržními a odpadními bramborami. Bramborářství, ročník XIV, č.4, 2006, strana 20 – 23.
- [27] VOKÁL, B., a kol. Abeceda pěstitele. 1. vydání. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod. 2005. 43 s. ISBN 80-86940-01-2.
- [28] ROP, O. Obsah cizorodých prvků v rostlinách velmi raných odrůd brambor. Disertační práce. Brno. 1999. 77 s.
- [29] VOKÁL, B., a kol. Pěstujeme brambory. 1. vydání. Praha: Agrospoj. 2004. 261 s. ISBN 80-239-4235-2.
- [30] DUCHOŇ, J., a kol. Lékařská chemie a biochemie. 1. vydání. Praha: Avicenum. 1985. 255 s.

- [31] KARLSON, P. Základy biochemie. 10. vyd. Praha: Academia. 1981. 344 s.
- [32] ŠÍCHO, V., VODRÁŽKA, S., KRÁLOVÁ, B. Potravinářská biochemie 2. vyd. STNL Praha. 1981. 360 s.
- [33] RICHTER, R., a kol. Výživa a hnojení rostlin 2. vydání. MZLU Brno. 1997. 77 s.
- [34] HLUŠEK, J. Základy výživy a hnojení zeleniny a ovocných kultur 1. vyd. Ministerstvo zemědělství ČR Praha. 1996. 48 s. ISBN 80-7105-111-X.
- [35] Nařízení vlády 103/2003 Sb. O stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech.
- [36] IVANIČ, I., HAVELKA, B., KNOP, K. Výživa rostlin a hnojení 1 vydání. Příroda Bratislava. 1985. 361 s.
- [37] MÍČA, B., BEČKA, J., ŠEBÁNEK, J., VOKÁL, B. Vliv odrůdy brambor a dusíkatého hnojení na obsah sušiny a hmotnost bramborových hlíz během vegetace. Rostlinná výroba č.2. 1986. 184-196 s. 11, č.2 42. 20-21 s.
- [38] ZRŮST, J., VOKÁL, B. České bramborářství a kvalitní konzumní brambory. Úroda. Ročník 46, č.11, 1998, příloha 6-7 s.
- [39] RICHTER, R., HLUŠEK, J. Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR Praha. 1996. 50 s. ISBN 80-7105-121-7.
- [40] HANŽLOVÁ, H. Solana hodnotila bramborářský rok. Zemědělský týdeník. Ročník VII, č. 52, 2004.
- [41] RASOCHA, V., HAUSVATER, E., DOLEŽAL, P. Tržní úprava konzumních brambor je nutností. Euro magazín – České zemědělství v Evropské unii odborný měsíčník. Ročník 6, č. 10, 2005, 24-25 s.
- [42] STRAKA, I. Hnědnutí brambor po jejich oloupaní. Kvalita potravin. Ročník 6, č.1, 2006, 5-6 s.
- [43] HOANG, J., et al. Cloning, expression, purification and characterization of patatin, a novel phospholipase A. Eur. J. Biochem. 268. 2001, 5037±5044
- [44] KINCL, L., KINCL, M., JARKLOVÁ, J. Biologie rostlin pro 1. ročník gymnázií. Fortuna. 2003. 256 s. ISBN 80-7168-736-7

- [45] Vyhláška č. 13/1994 Sb. Ministerstva životního prostředí, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.
- [46] RICHTER, R., HLUŠEK, J., HŘIVNA, L. Výživa a hnojení rostlin – praktická cvičení. Brno: MZLU. 1999. 188 s. ISBN 80-7157-346-9.
- [47] JAVORSKÝ, P. Chemické rozborů z zemědělských laboratořích. Ministerstvo životního prostředí Praha. 1987. 397 s.
- [48] SEVEROVÁ, M., BŘEZINA, P. Návodů pro laboratorní cvičení z analýzy potravin. VVŠ Vyškov. 1998. 88 s.
- [49] PRÍBELA, A. Analýza přírodních látek v potravinách – 1. vydání. Alfa Bratislava. 1978. 430 s.
- [50] JANDÁSEK, J., KRÁČMAR, S., MILERSKI, M., INGR, I. Comparison of the contents of intramuscular amino acids in different lamb hybrids. Czech Journal of Animal Science. 48. 2003, 301 – 306 s.
- [51] Commission Directive 78/633/EEC of June 15, 1978. Establishing Community Methods of Analysis for the Official Control of Feeding Stuffs. July 29. 1978. 0043 – 0055.
- [52] UNISTAT. Statistical Package for Windows. Unistat House London. 2002, 406 – 419 s.
- [53] NOVÁK, F. Katalog odrůd brambor registrovaných v ČR. Ústřední bramborářský svaz České republiky. 2004, 274 s.
- [54] ROP, O., VALÁŠEK, P., BŘEZINA, P. Vliv cizorodých prvků na obsah škrobu bramborových hlízách. Chemické listy 99. 2005, 666s.
- [55] WALAORTH, J. L., MUNIZ, J. E. A compendium of tissue nutrient concentrations for field-grown potatoes. American Potato Journal 70 .1993, 579 – 597s.
- [56] NOVOTNÝ, F. Metodiky chemických rozborů pro hodnocení kvality odrůd – jednotné pracovní postupy (I. – III. díl). 1. vyd. Brno: ÚKZÚZ, 2000. 555 s. ISBN 80-86051-76-5.
- [57] KOUBOVÁ, D. Malé množství, velký účinek. Agronavigátor. Propagační materiál. 2005. článek 41612 [cit. 2005 – 12 – 3]

- [58] *Agrokrom: propagační materiál firmy Agrokrom. Výživa a hnojení rostlin.* 2005
- [59] ROP, O. Výskyt cizorodých prvků v bramborách. *Farmář*, 2002. 8 (5): 26 s. ISSN 1210-9783.
- [60] VOS, J. A. Case – history – 100 years of potato production in Europe with special reference to the Netherlands. *American Potato Journal*. 1992, roč. 69, č.11, 731 – 751 s. ISSN 1099 – 209X.
- [61] PURVES, W., et al. *Life: The Science of Biology.* 7 vyd. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 1121 s. ISBN 0 – 7167 – 9856 – 5.
- [62] OSAKI, M., et al. Effects of amonium and nitrate assimilation on the growth and tuber swelling of potato plants. *Soil Science and Plant Nutrition*. 1995, roč. 41, č.4, 709 – 719 s. ISSN 0370 – 663X.
- [63] BRANCOPARDAL, P., LALLES, J. P. et al. Digestion of wheat gluten and potato protein by the preruminant calf: Digestibility, amino acid composition and immuno-reactive proteins in ileal digesta. *Reproduction Nutrition Development*. 1995, roč. 35, č.6, 639 – 654 s. ISSN 0926 – 5287.
- [64] ROE, M. A., FAULKS, R. M. Color development in a model system during frying – role of individual amino – acids and sugars. *Journal of Food Science*. 1991, roč. 56, č. 6, 1711 – 1713 s. ISSN 0022 – 1147.
- [65] JŮZL, M., PŮLKRÁBEK, J., DIVIŠ, J. *Rostlinná výroba III (okopaniny)*. Brno: MZLU, 2000. 222 s. ISBN 80-7157-446-5.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

N-látky	dusíkaté látky
Pi	anorganický fosfát
P ₂ O ₅	oxid fosforečný.
DNA	deoxyribonukleová kyselina
RNA	ribonukleová kyselina
AMP	adenosinmonofosfát
ADP	adenosindifosfát
ATP	adenosintrifosfát
RuBP	ribulosa – 1,5 - bifosfát
PEP	fosfoenolpyruvát
AZP	agrochemické zkoušení půd
GA	glykoalkaloidy
SGA	steroidní glykoalkaloidy
IAA	indolyloctové kyseliny
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
Sd	směrodatná odchylka
kJ.mol ⁻¹	kilojouly v jednom molu látky
G – 6 - P	glukosa – 6 – fosfát
F – 6 – P	fruktosa – 6 – fosfát
mm.hod ⁻¹	milimetrů za jednu hodinu
mg.kg ⁻¹	miligramy na kilogram
K ₂ O	oxid draselný
SO ₃	oxid sírový
MgO	oxid hořečnatý

Na ₂ O	oxid sodný
CaO	oxid vápenatý
SiO ₂	oxid křemičitý
CoA	koenzym A
č.ž.	čistých živin
FAD	Flavinadenindinukleotid
NAD	nikotinamidadenindinukleotid
NADP	nikotinamidadenindinukleotidfosfát
Zn ₃ (PO ₄) ₂ · 4H ₂ O	tetrahydrát fosforečnanu zinečnatého
VÚB	Výzkumný ústav bramborářský

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Trs brambor a jeho orgány.....	příloha P. I.
Obr. 2. Řez bramborovou hlízou.....	12
Obr. 3. Rozložení hlavních látek v hlíze.....	13
Obr. 4. Struktura kyseliny chlorogenové.....	22
Obr. 5 Struktura tyrosinu.....	22
Obr.6. Obsah N, P, K v ovsu během ontogeneze (Mengel, Kirkby 1978).....	28
Obr.7. Velmi zjednodušený diagram fixace CO ₂ Hatchovou-Slackovou cestou u C ₄ rostlin	33
Obr.8. Fáze růstu a vývoje brambor (do období začátku květu porostu).....	59
Obr.9. AAA 400 (INGOS Praha).....	64
Obr. 10. Používané vzorky brambor odrůdy KOMTESA.....	65

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Příklad látkového složení podle čtyř literárních zdrojů.....	příloha P. I.
Tab.2. Rozdělení živin podle fyziologických a biochemických vlastností.....	25
Tab.3. Rozdělení živin je podle jejich fyzikálně chemické povahy na kationty a anionty.....	26
Tab.4. Chemické složení rostlin v % podle jednotlivých orgánů a fází ontogeneze jarní pšenice (Richter 1972).....	27
Tab.5. Průměrný odběr čistých živin v kg na 1 tunu hlavního produktu.....	28
Tab.6. Vliv P výživy na obsah P frakcí v listech tabáku (Kakic 1969).....	38
Tab.7. Vliv stupňovaných dávek K na obsah kationtů v orgánech rajčat (Viro 1973).....	44
Tab.8. Koncentrace zinku v rostlinách jarního ječmene v sušině (Richter, Brabcová 1983).....	49
Tab.9. Vliv obsahu Zn v půdě na jeho koncentraci v zeleninách (Hlušek 1991).....	50
Tab.10. Agrochemická charakteristika použité půdy.....	62
Tab. 11. Schéma pokusu – čísla variant a jim odpovídající přídavek zinku a mědi do půdy v mg.kg^{-1} zeminy.....	63

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Obr.1. Trs bramboru a jeho orgány
Tab. 1. Příklad látkového složení podle čtyř literárních zdrojů
- P II Tab. P. II. Průměrné výnosové parametry brambor
Graf P.II a. Průměrná hmotnost hlíz u jednotlivých variant v gramech
Graf P.II. b. Průměrný počet bramborových hlíz v kusech
- P III Tab. P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborových hlízách (v hmotnostních procentech) a směrodatné odchytky (Sd)
Graf P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborových hlízách
- P IV Tab. P. IV. Průměrný obsah škrobu v bramborových hlízách (v hmotnostních %) a směrodatné odchytky (Sd)
Graf P. IV. Průměrný obsah škrobu v bramborových hlízách (v hmot. %)
- P V Tab. P. V. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny) a směrodatná odchytky (Sd)
Graf P. V. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách (% sušiny)
- P VI Tab. P. VI. Průměrný obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ sušiny) a směrodatné odchytky (Sd)
Graf P. VI. Průměrný obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ sušiny)
- P VII Tabulka P. VII.a. Průměrný obsah mědi v bramborových hlízách ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)
Graf P. VII. a. Průměrný obsah mědi v bramborových hlízách ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)
Tab. P. VII.b. Průměrný obsah zinku v bramborových hlízách ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)
Graf P. VII. b. Průměrný obsah zinku v bramborových hlízách ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

- P VIII Tab. P. VIII. a. Průměrný obsah aminokyselin v bramborových hlízách (g.kg^{-1} čerstvé hmoty) a směrodatné odchylky (Sd)
- Tab. P. VIII. b. Průměrný obsah aminokyselin v bramborových hlízách (g.kg^{-1} čerstvé hmoty) a směrodatné odchylky (Sd)
- Graf P. VIII. a. Průměrný obsah alaninu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII. b. Průměrný obsah kyseliny glutamové v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII. c. Průměrný obsah threoninu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII. d. Průměrný obsah kyseliny asparagové v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII. e. Průměrný obsah isoleucinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII. f. Průměrný obsah valinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII. g. Průměrný obsah fenylalaninu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII. h. Průměrný obsah leucinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII.ch. Průměrný obsah lysinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII.i. Průměrný obsah tyrosinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII.j. Průměrný obsah argininu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII.k. Průměrný obsah histidinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII.l. Průměrný obsah cysteinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII.m. Průměrný obsah methioninu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII.n. Průměrný obsah prolinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII.o. Průměrný obsah serinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- Graf P. VIII.p. Průměrný obsah glycinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)
- P IX Tab. P. IX. Průměrný obsah aminokyselin v bramborových hlízách (g na 16 g dusíku)

Graf P. IX. a. Průměrný obsah kyseliny asparagové v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. b. Průměrný obsah serinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. c. Průměrný obsah glycinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. d. Průměrný obsah valinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. e. Průměrný obsah leucinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. f. Průměrný obsah fenylalaninu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. g. Průměrný obsah lysinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. h. Průměrný obsah cysteinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. ch. Průměrný obsah methioninu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. i. Průměrný obsah argininu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. j. Průměrný obsah histidinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. k. Průměrný obsah tyrosinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. l. Průměrný obsah isoleucinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

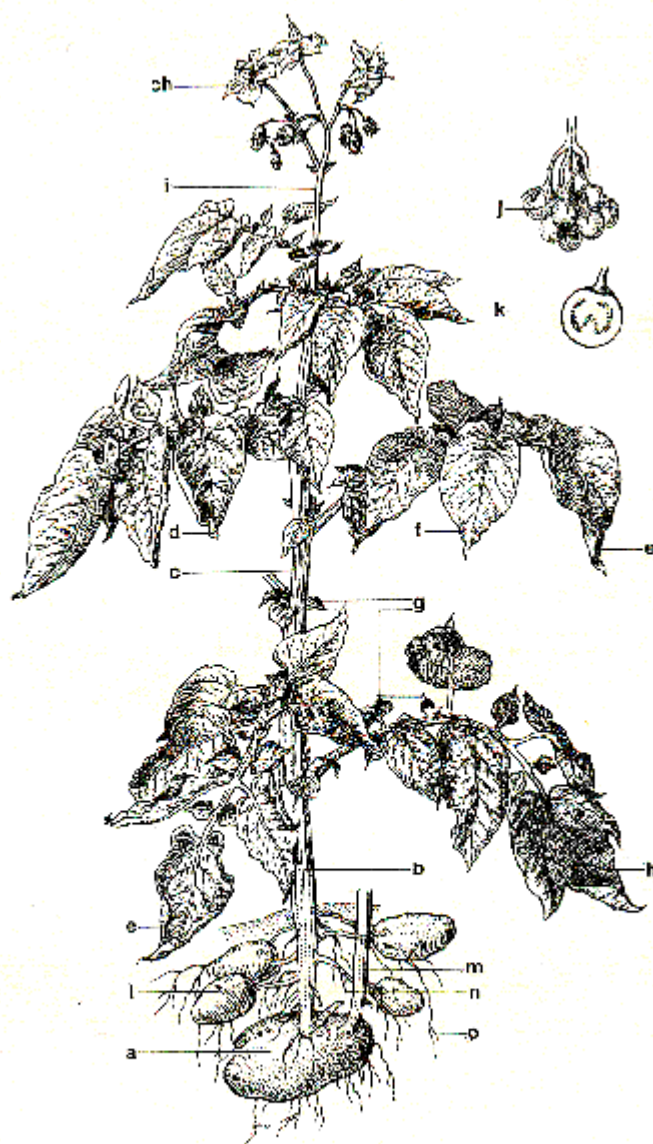
Graf P. IX. m. Průměrný obsah alaninu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. n. Průměrný obsah prolinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. o. Průměrný obsah kyseliny glutamové v hlízách (v g.16g⁻¹N)

Graf P. IX. p. Průměrný obsah threoninu v hlízách (v g.16g⁻¹N)

PŘÍLOHA P I:



Obr. 1. Trs bramboru a jeho orgány: a – mateřská (stará) hlíza, b – nadzemní stoněk, c – křídlení stonku, d – list, e – konečný (vrcholový) listek, f – postranní párový listek, g – mezilistky, h – srůst listků, ch – květ, i – květenství, j – plodenství, k – plod se semeny, l – dceřiné (nové) hlízy, m – podzemní část druhého stonku, n – stolon, o – soustava adventivních kořcnů (podle ŠTAMPACHA, 1955).

Tab. 1. Příklad látkového složení podle tří literárních zdrojů

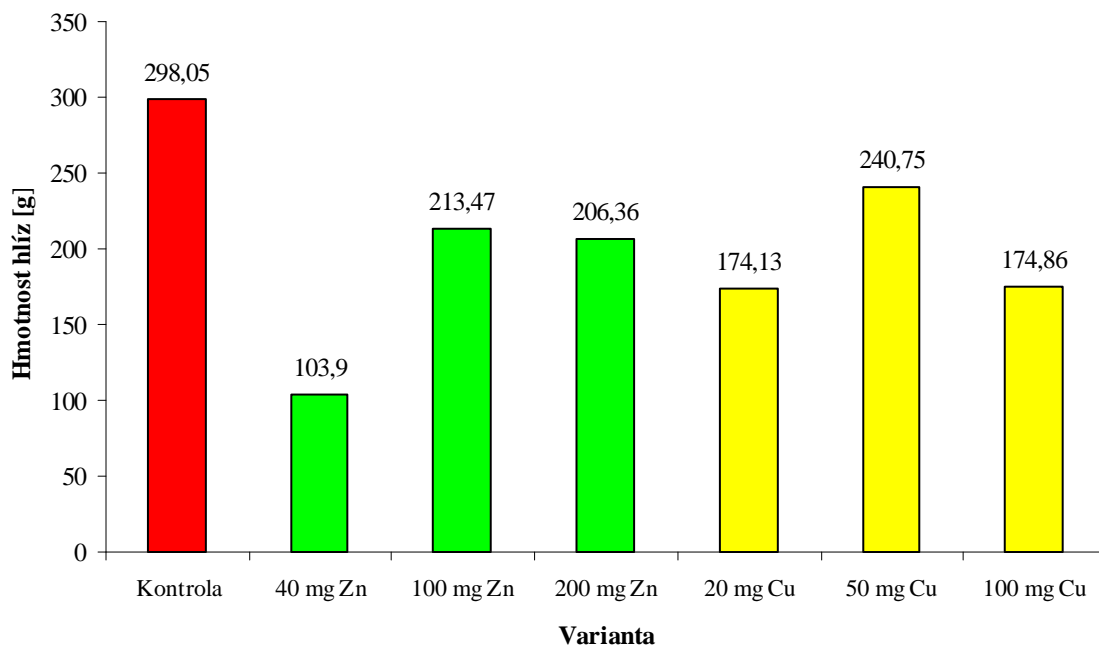
	Kröner, Völksen, cit. Adler, 1971		Dle VÚB [14]		Rop, Valášek, 2005 [10]	
	Prům. %	rozpětí%	prům. %	Rozpě- tí%	prům. %	rozpětí %
Voda	76,3	63,2-86,9	-	-	76,3	63,2-86,9
Sušina	23,7	13,1-36,8	23,7	13,1-36,8	23,7	13,1-36,8
Škrob	17,5	8,0-29,4	17,5	8,0-29,4	17,5	8,0-29,4
N-látky	2,0	0,7-4,6	2,0	0,7-4,6	2,0	0,7-4,6
Cukry celkem	0,5	Stopy-8,0	-	-	0,5	Stopy-8,0
Vláknina	0,7	0,2-3,5	0,7	0,2-3,5	0,7	0,2-3,5
Tuk	0,1	0,04-0,96	0,1	0,04-1,0	0,1	0,04-0,96
Minerální látky	1,1	0,4-1,9	1,1	0,4-1,9	1,1	0,4-1,9
Fenolické látky	-	-	-	-	0,1	0,05-0,4
Organické kyseliny	-	-	-	-	2,0	1,0-3,0

PŘÍLOHA P II:

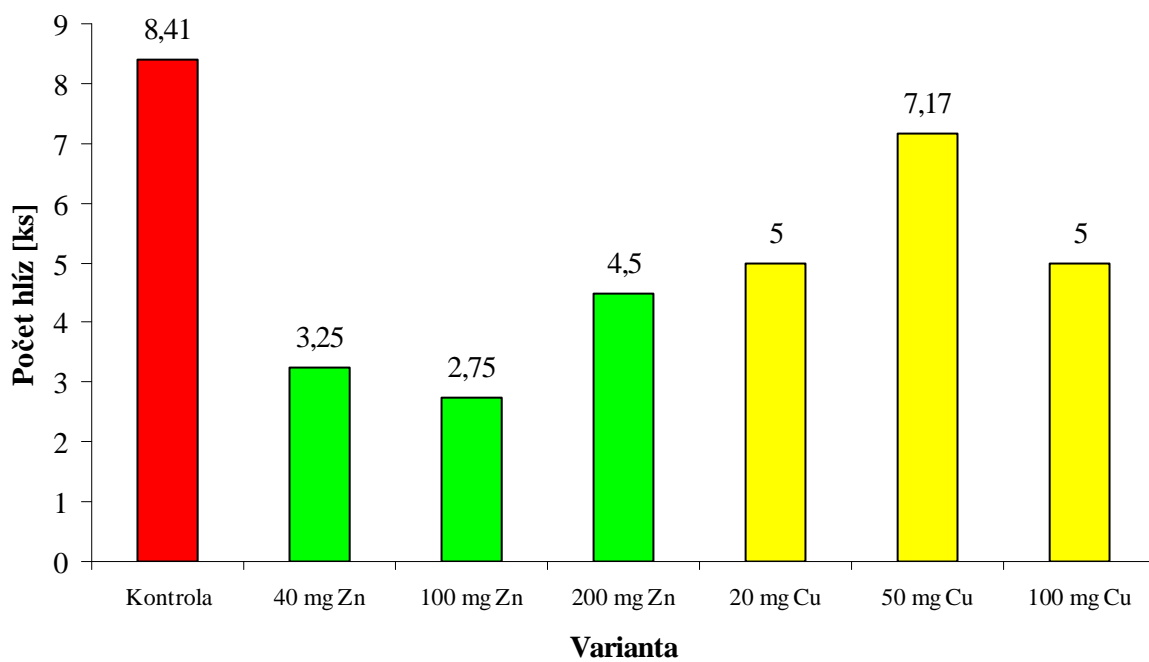
Tab. P. II. Průměrné výnosové parametry brambor

Varianta	Průměrná hmotnost hlíz [g]	Průměrný počet hlíz [ks]
KONTROLA	298,05	8,41
40 mg Zn.kg ⁻¹	103,90	3,25
100 mg Zn.kg ⁻¹	213,47	2,75
200 mg Zn.kg ⁻¹	206,36	4,50
20 mg Cu.kg ⁻¹	174,13	5,00
50 mg Cu.kg ⁻¹	240,75	7,17
100 mg Cu.kg ⁻¹	174,86	5,00

Graf P.II a. Průměrná hmotnost hlíz u jednotlivých variant v gramech



Graf P.II. b. Průměrný počet bramborových hlíz v kusech

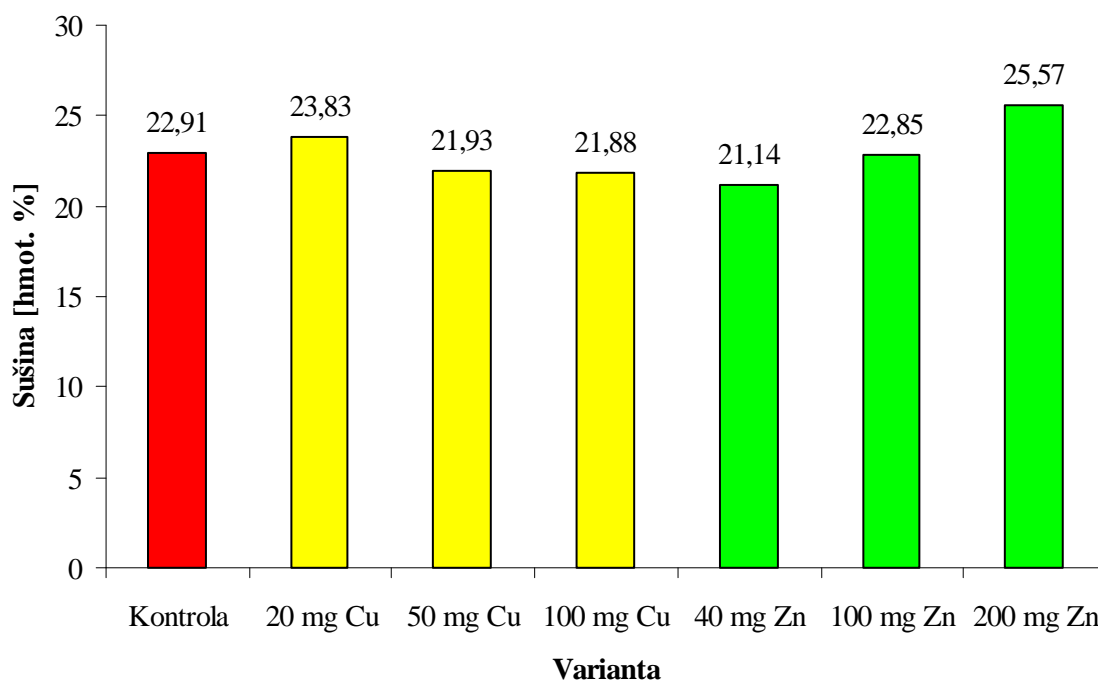


PŘÍLOHA P III:

Tab. P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborových hlízách
(v hmotnostních procentech) a směrodatné odchyly (Sd)

Varianta	Obsah sušiny [hmotnostní %]	
	Průměrný obsah	Sd
Kontrola	22,91	0,16
20 mg Cu	23,83	0,08
50 mg Cu	21,93	0,05
100 mg Cu	21,88	0,08
40 mg Zn	21,14	0,29
100 mg Zn	22,85	0,33
200 mg Zn	25,57	0,44

Graf P. III. Průměrný obsah sušiny v bramborových hlízách

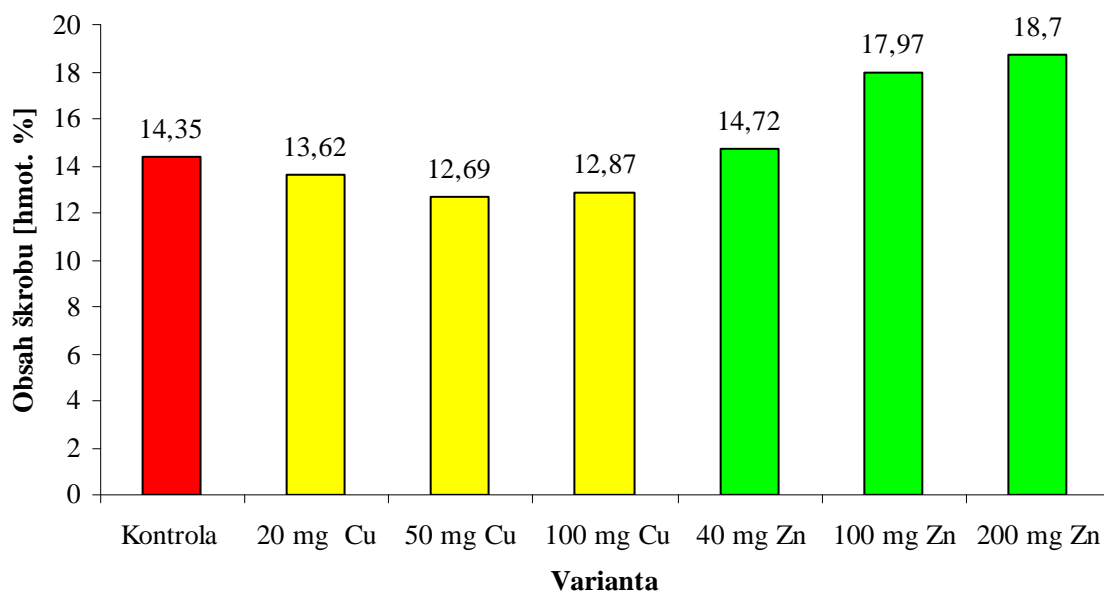


PŘÍLOHA P. IV.:

Tab. P. IV. Průměrný obsah škrobu v bramborových hlízách (v hmotnostních %) a směrodatné odchytky (Sd)

Varianta	Obsah škrobu [hmot. %]	
	Průměrný obsah	Sd
Kontrola	14,35	0,48
20 mg Cu	13,62	0,48
50 mg Cu	12,69	0,20
100 mg Cu	12,87	0,18
40 mg Zn	14,72	0,79
100 mg Zn	17,97	0,42
200 mg Zn	18,7	0,45

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

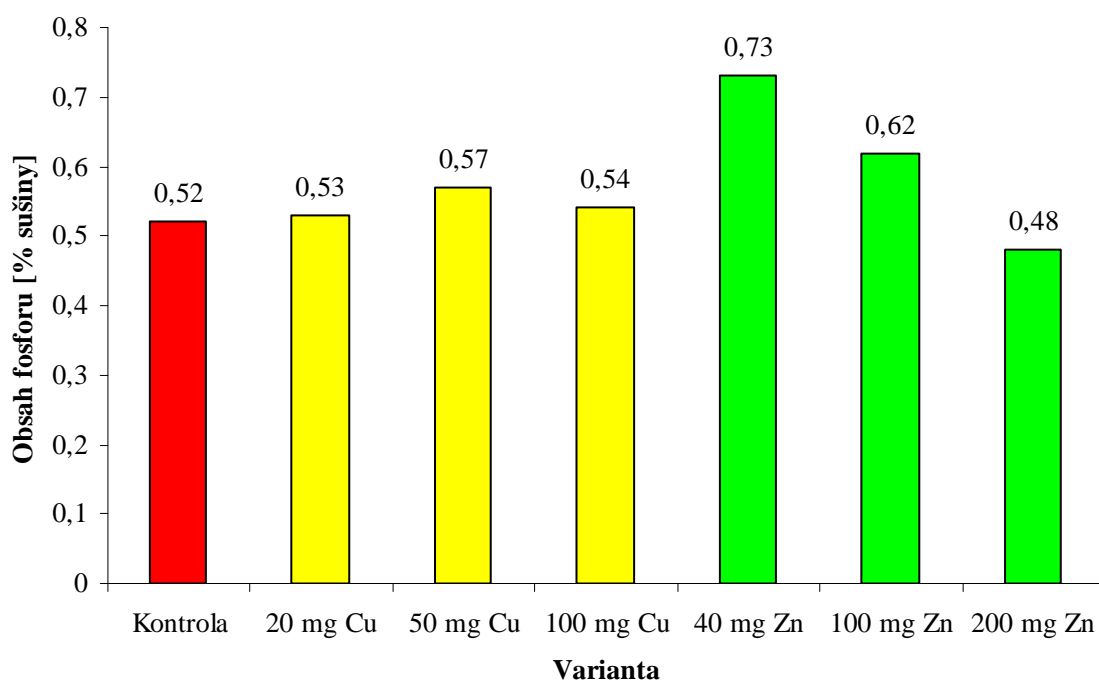


PŘÍLOHA P. V.:

Tab. P. V. Průměrný obsah fosforu v bramborových hlízách
(% sušiny) a směrodatná odchylka (Sd)

Varianta	Obsah fosforu [% sušiny]	
	Průměrný obsah	Sd
Kontrola	0,52	0,02
20 mg Cu	0,53	0,01
50 mg Cu	0,57	0,02
100 mg Cu	0,54	0,01
40 mg Zn	0,73	0,01
100 mg Zn	0,62	0,001
200 mg Zn	0,48	0,001

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

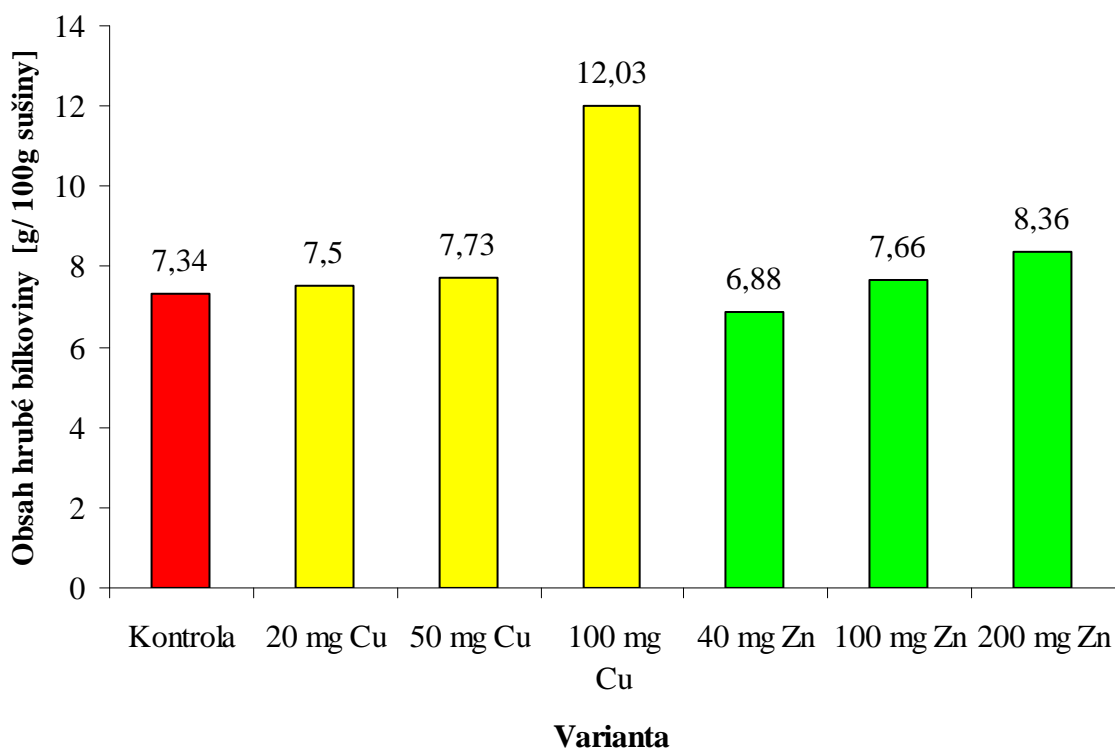


PŘÍLOHA P. VI.:

Tab. P. VI. Průměrný obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách (g.100 g⁻¹ sušiny) a směrodatné odchytky (Sd)

Varianta	Obsah hrubé bílkoviny [g.100 g ⁻¹ sušiny]	
	Průměrný obsah	Sd
Kontrola	7,34	0,27
20 mg Cu	7,5	0
50 mg Cu	7,73	0,34
100 mg Cu	12,03	0,16
40 mg Zn	6,88	0,63
100 mg Zn	7,66	0,35
200 mg Zn	8,36	0,14

Graf P. VI. Průměrný obsah hrubé bílkoviny v bramborových hlízách (g.100 g⁻¹ sušiny)



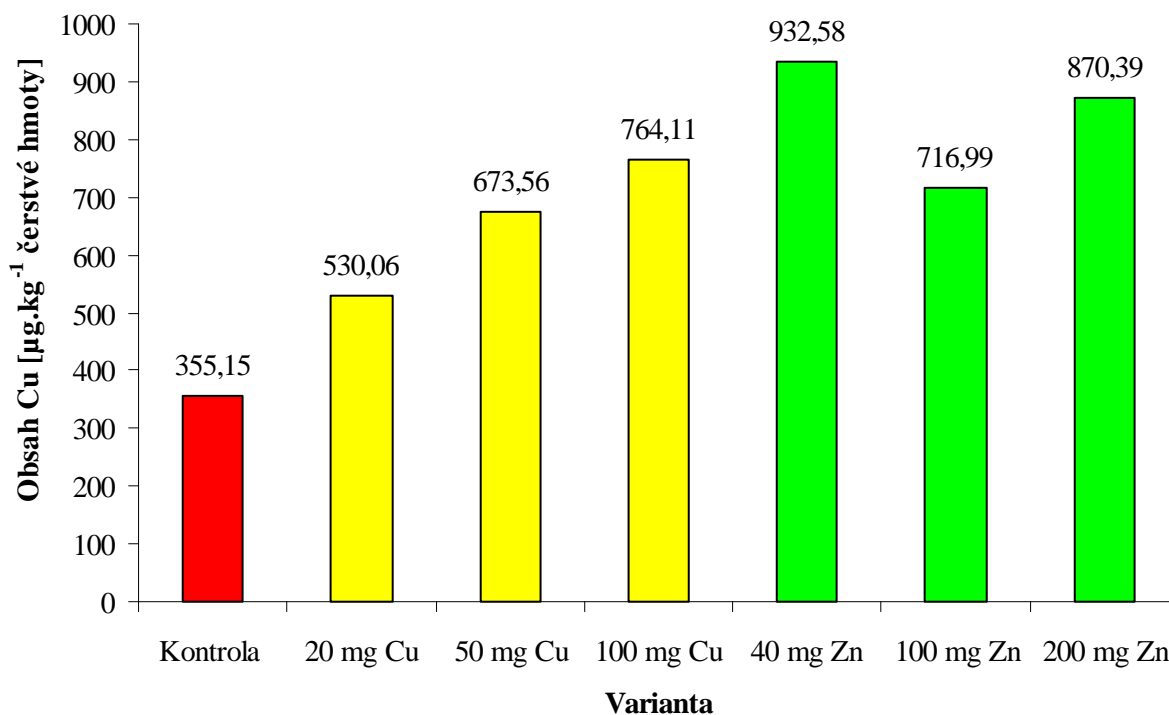
PŘÍLOHA P. VII.:

Tabulka P. VII.a Průměrný obsah mědi v bramborových hlízách

($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Varianta	Obsah Cu [$\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty]
Kontrola	355,15
20 mg Cu	530,06
50 mg Cu	673,56
100 mg Cu	764,11
40 mg Zn	932,58
100 mg Zn	716,99
200 mg Zn	870,39

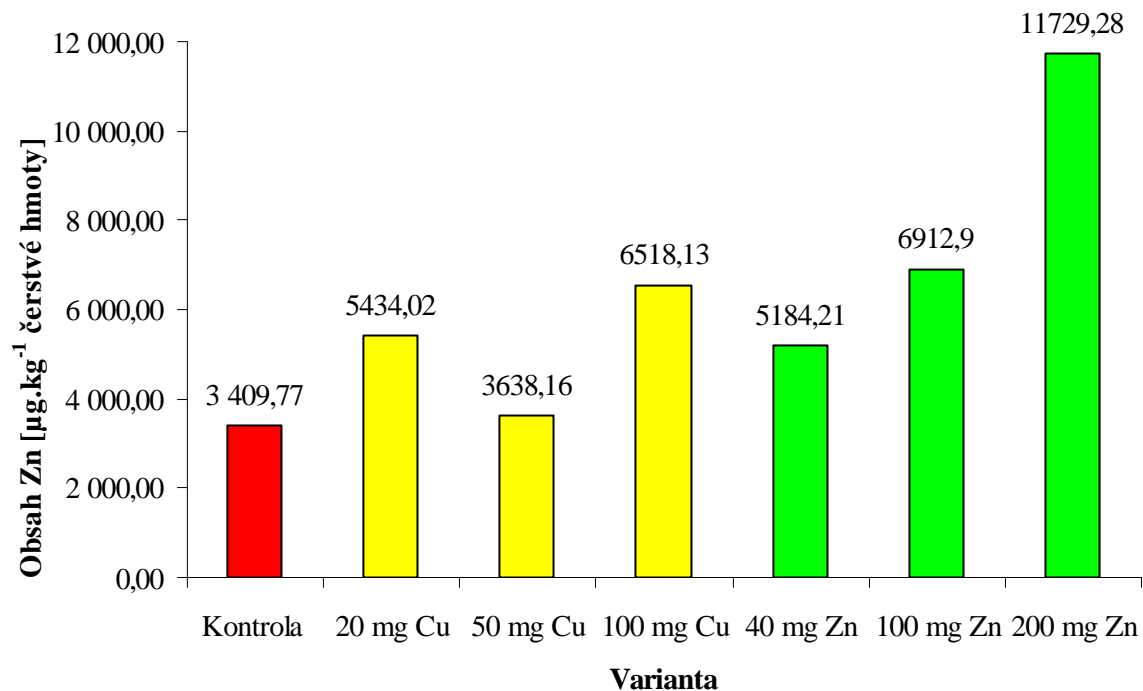
Graf P. VII. a . Průměrný obsah mědi v bramborových hlízách ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)



Tab. P. VII.b. Průměrný obsah zinku v bramborových hlízách
($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

Varianta	Obsah Zn [$\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty]
Kontrola	3 409,77
20 mg Cu	5434,02
50 mg Cu	3638,16
100 mg Cu	6518,13
40 mg Zn	5184,21
100 mg Zn	6912,9
200 mg Zn	11729,28

Graf P. VII. b. Průměrný obsah zinku v bramborových hlízách ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)



PŘÍLOHA P. VIII.:

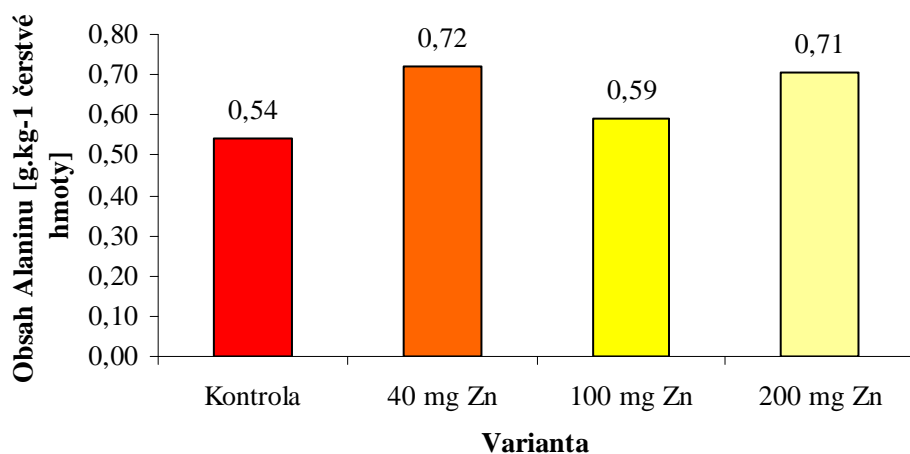
Tab. P. VIII. a. Průměrný obsah aminokyselin v bramborových hlízách (g.kg^{-1} čerstvé hmoty) a směrodatné odchylky (Sd)

Aminokyselina	Obsah v Kontrolní variantě	Sd	Obsah varianty s 40 mg Zn.kg ⁻¹ zeminy	Sd
Kyselina asparagová	2,98	0,39	1,73	0,25
Threonin	0,61	0,07	0,74	0,11
Serin	0,63	0,05	0,70	0,07
Kyselina glutamová	1,66	0,27	1,71	0,20
Prolin	0,51	0,07	0,60	0,09
Glycin	0,53	0,05	0,71	0,08
Alanin	0,54	0,07	0,72	0,09
Valin	0,77	0,08	0,81	0,11
Isoleucin	0,56	0,05	0,63	0,07
Leucin	0,94	0,08	1,15	0,14
Tyrosin	0,40	0,04	0,50	0,06
Fenylalanin	0,60	0,05	0,68	0,09
Histidin	0,29	0,04	0,30	0,04
Lysin	0,92	0,09	0,91	0,12
Arginin	0,91	0,09	0,84	0,12
Cystein	0,32	0,04	0,33	0,06
Methionin	0,34	0,03	0,34	0,07
Celkové množství aminokyselin	13,51	-	13,40	-

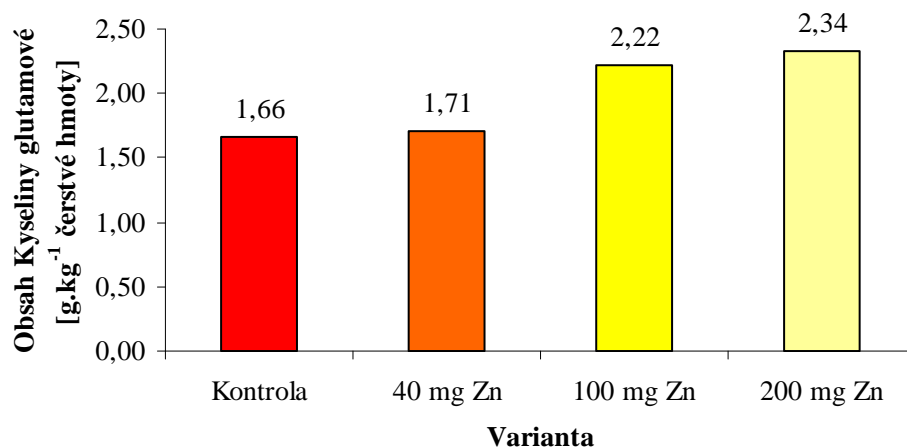
Tab. P. VIII. b. Průměrný obsah aminokyselin v bramborových hlízách (g.kg^{-1} čerstvé hmoty) a směrodatné odchylky (Sd)

Aminokyselina	Obsah varianty s 100 mg Zn.kg ⁻¹ zeminy	Sd	Obsah varianty s 200 mg Zn.kg ⁻¹ zeminy	Sd
Kyselina asparagová	3,00	0,20	4,32	0,35
Threonin	0,61	0,04	0,78	0,06
Serin	0,60	0,04	0,84	0,07
Kyselina glutamová	2,22	0,12	2,34	0,27
Prolin	0,57	0,04	0,94	0,14
Glycin	0,54	0,03	0,70	0,05
Alanin	0,59	0,04	0,71	0,05
Valin	0,87	0,05	1,16	0,09
Isoleucin	0,59	0,03	0,82	0,06
Leucin	0,96	0,05	1,24	0,09
Tyrosin	0,43	0,02	0,55	0,07
Fenylalanin	0,75	0,05	0,93	0,08
Histidin	0,33	0,02	0,45	0,04
Lysin	0,90	0,05	1,18	0,12
Arginin	1,04	0,07	1,45	0,12
Cystein	0,31	0,01	0,40	0,04
Methionin	0,40	0,01	0,48	0,07
Celkové množství aminokyselin	14,73	-	19,28	-

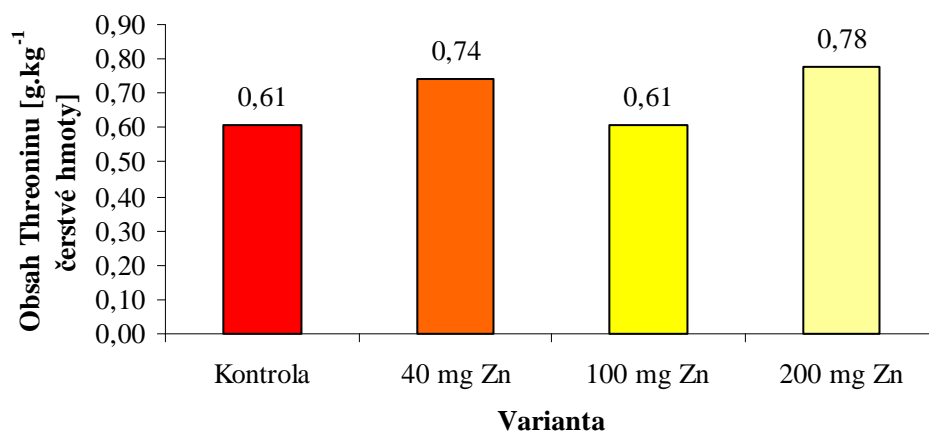
Graf P. VIII. a. Průměrný obsah alaninu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



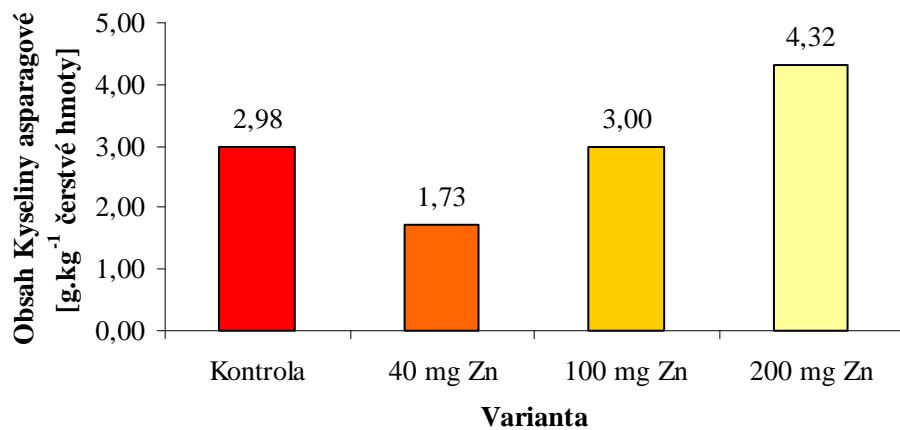
Graf P. VIII. b. Průměrný obsah kyseliny glutamové v hlízách (v g.kg⁻¹ čerstvé hmoty)



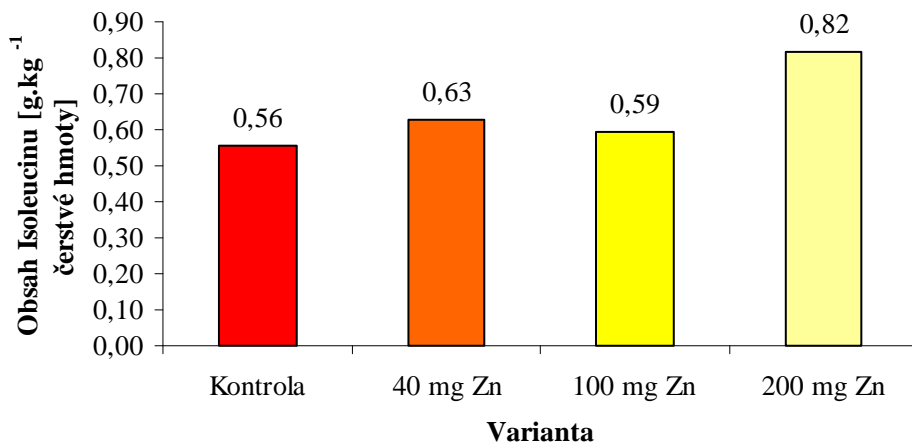
Graf P. VIII. c. Průměrný obsah threoninu v hlízách (v g.kg⁻¹ čerstvé hmoty)



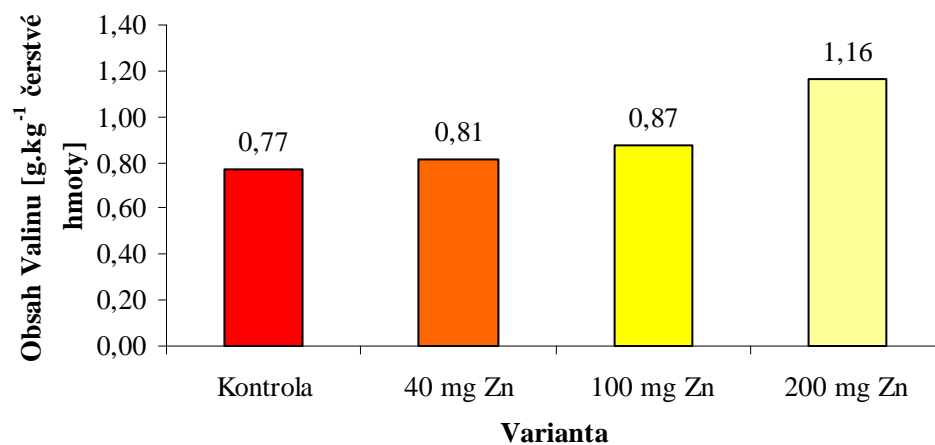
Graf P. VIII. d. Průměrný obsah kyseliny asparagové v hlízách (v $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)



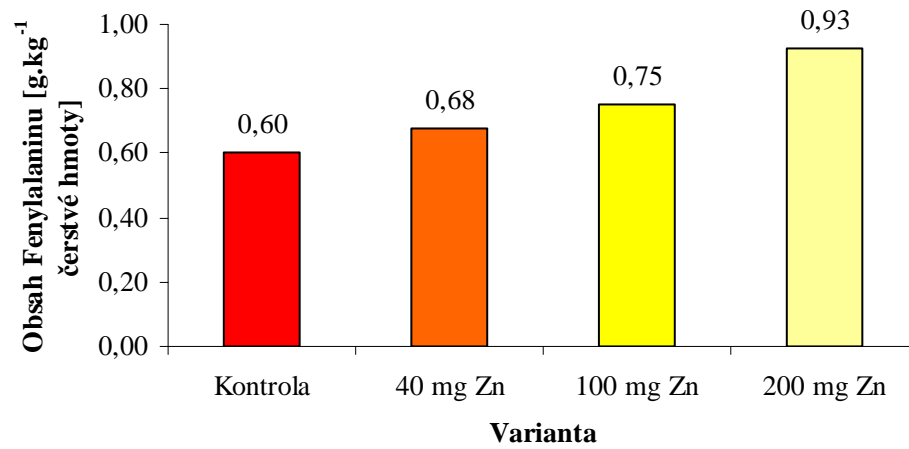
Graf P. VIII. e. Průměrný obsah isoleucinu v hlízách (v $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)



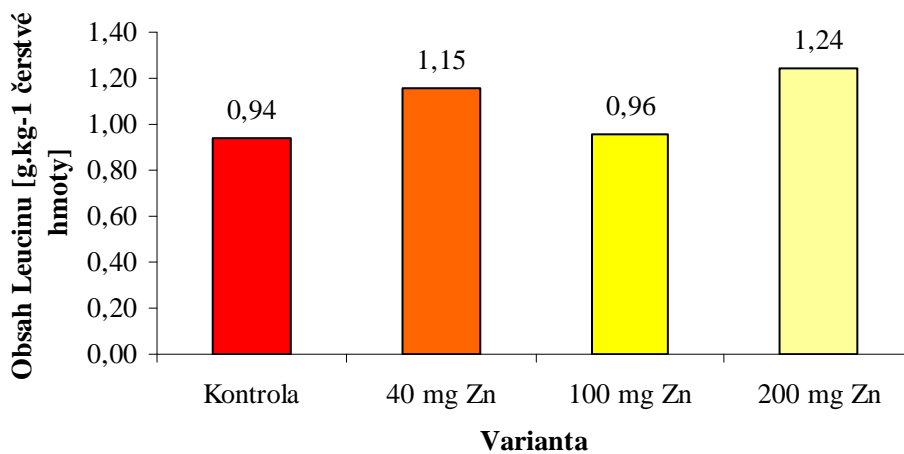
Graf P. VIII. f. Průměrný obsah valinu v hlízách (v $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)



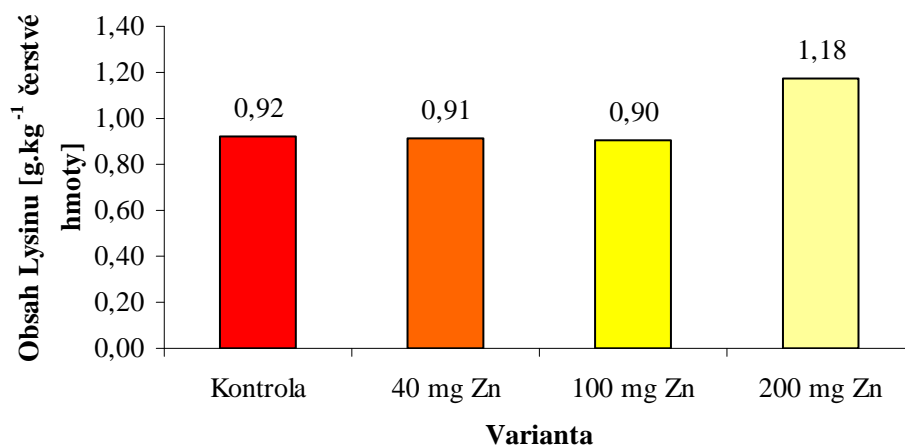
Graf P. VIII. g. Průměrný obsah fenylalaninu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



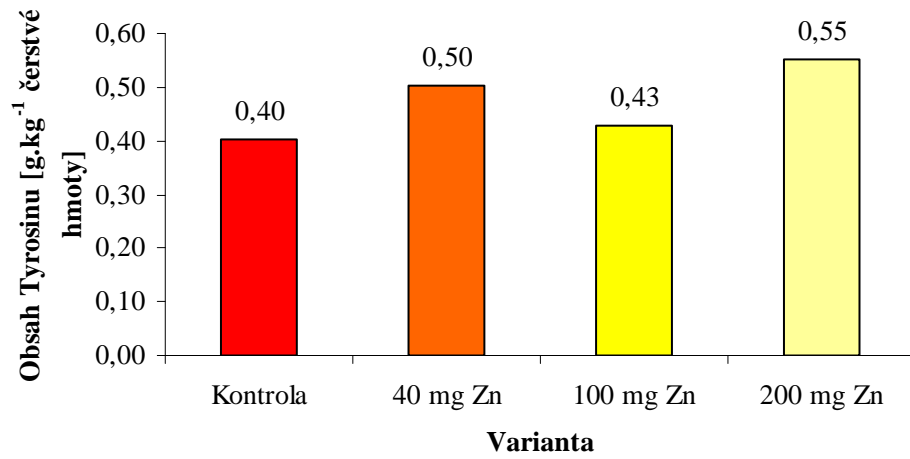
Graf P. VIII. h. Průměrný obsah leucinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



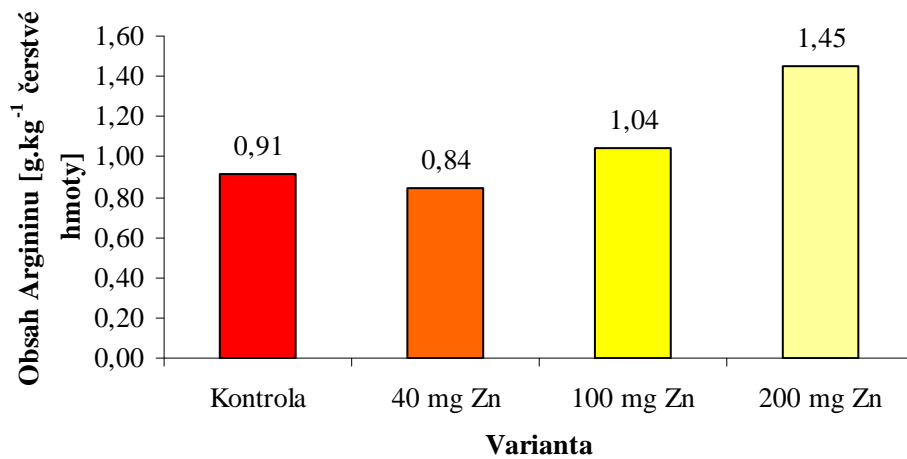
Graf P. VIII.ch. Průměrný obsah lysinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



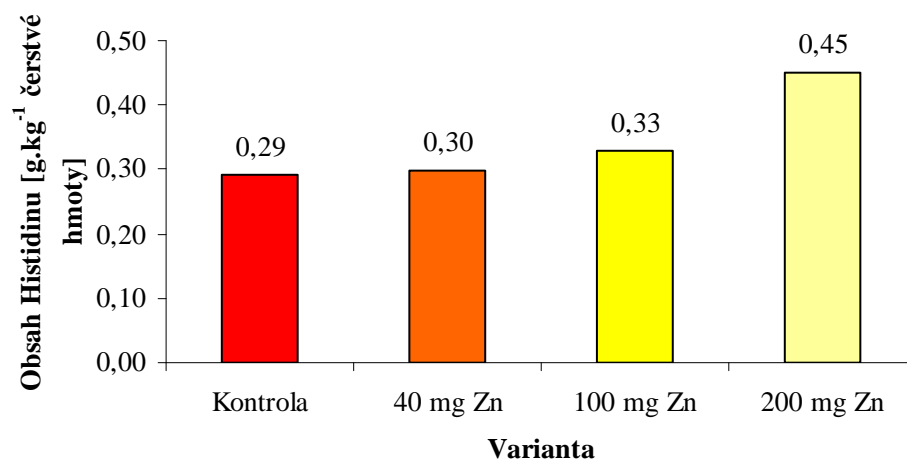
Graf P. VIII. i. Průměrný obsah tyrosinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



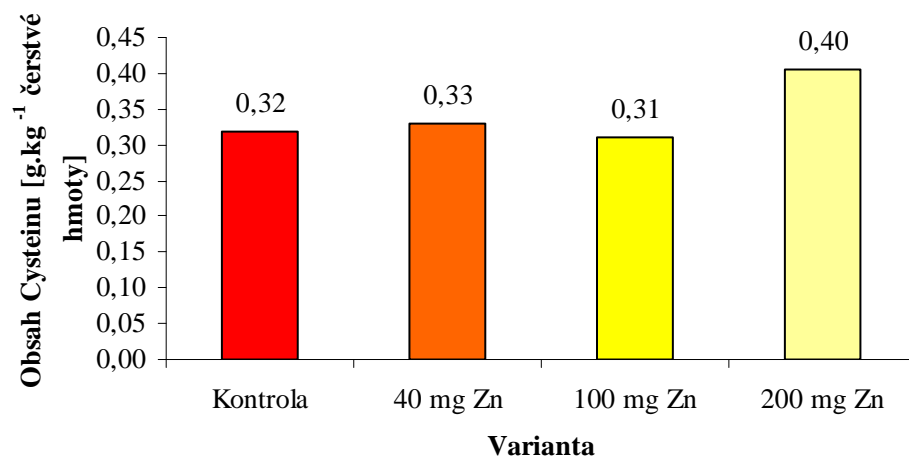
Graf P. VIII. j. Průměrný obsah argininu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



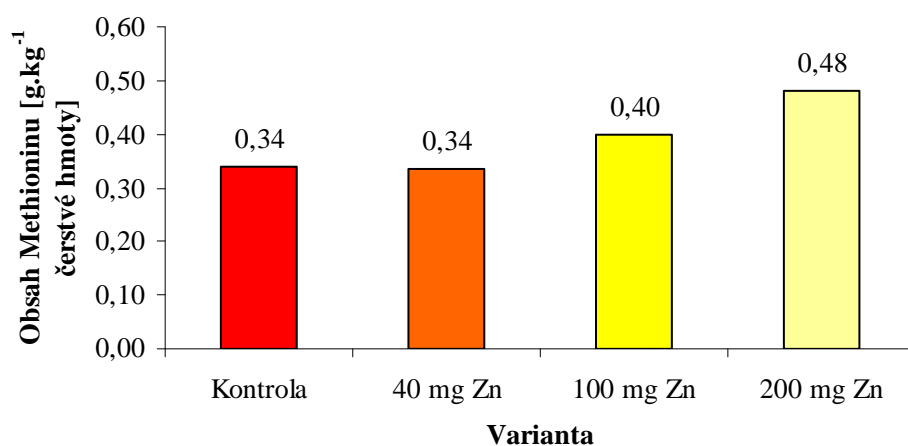
Graf P. VIII. k. Průměrný obsah histidinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



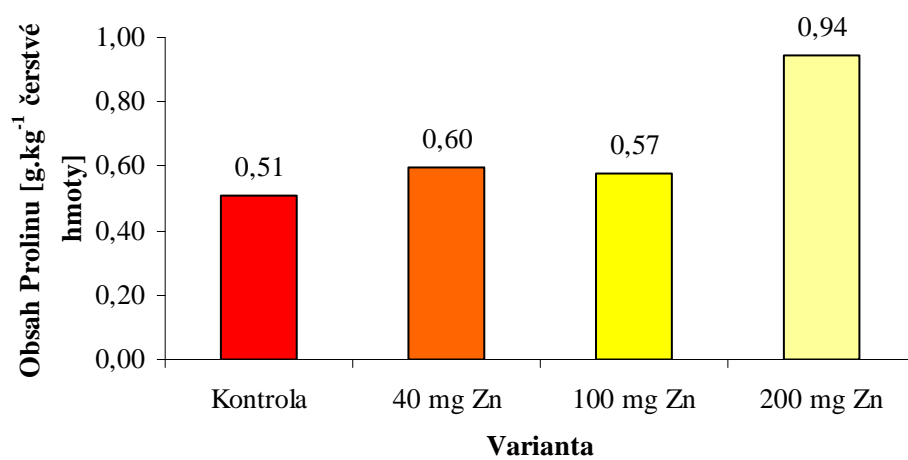
Graf P. VIII. l. Průměrný obsah cysteinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



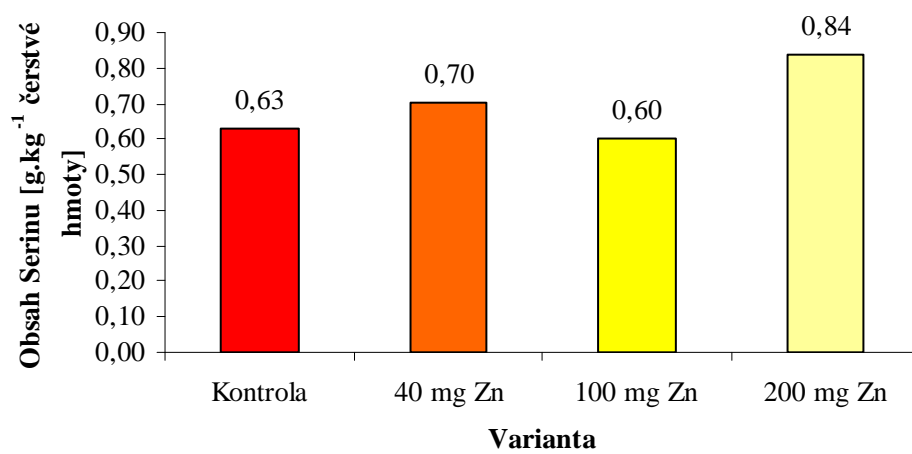
Graf P. VIII. m. Průměrný obsah methioninu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



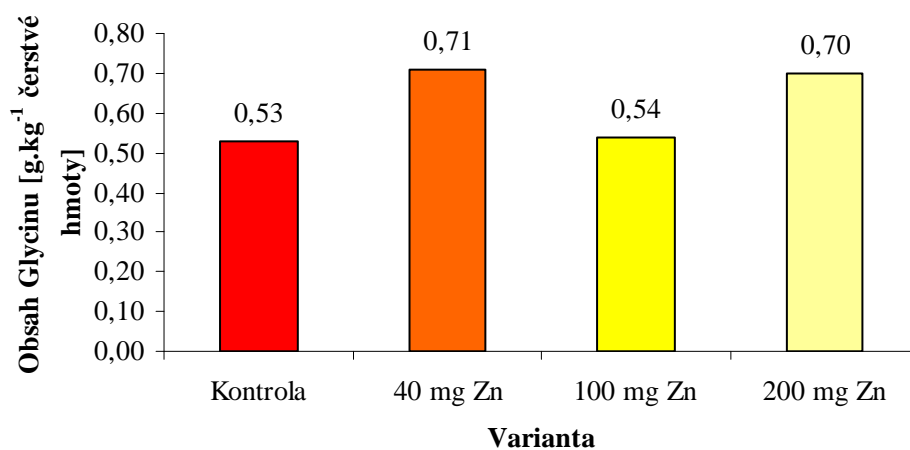
Graf P. VIII. n. Průměrný obsah prolinu v hlízách (v g.kg^{-1} čerstvé hmoty)



Graf P. VIII. o. Průměrný obsah serinu v hlízách (v $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)



Graf P. VIII. p. Průměrný obsah glycinu v hlízách (v $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ čerstvé hmoty)

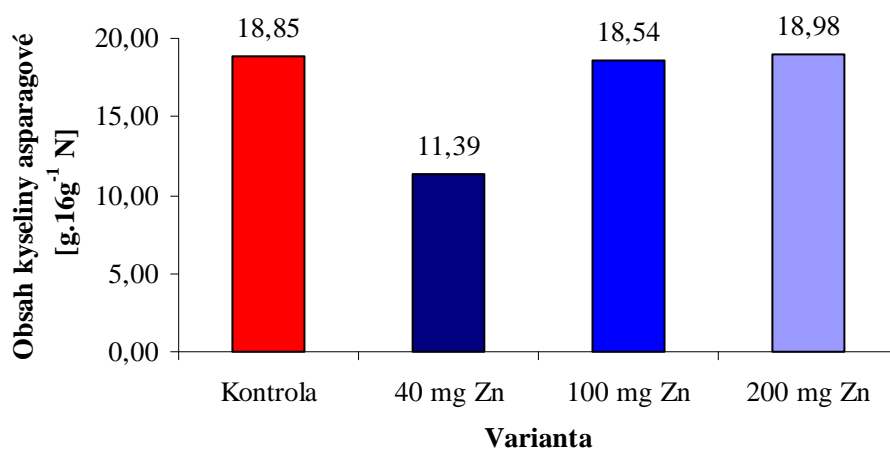


PŘÍLOHA P. IX.:

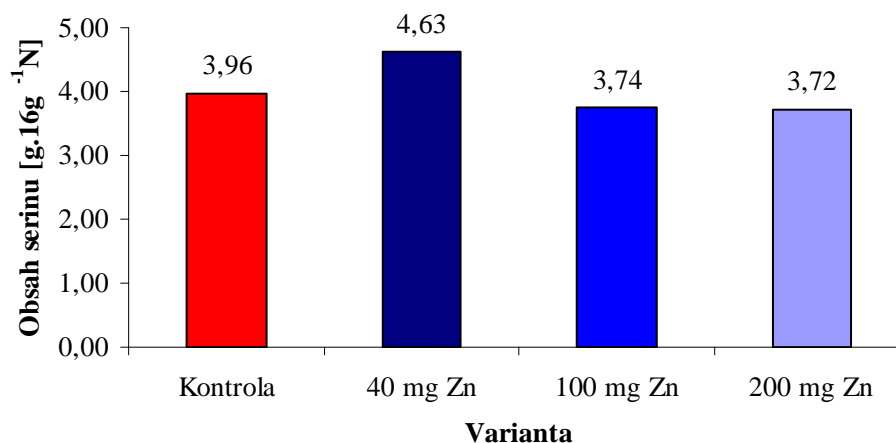
Tab. P. IX. Průměrný obsah aminokyselin v bramborových hlízách (g na 16 g dusíku)

Aminokyselina	Obsah v Kontrolní variantě	Obsah varianty s 40 mg Zn.kg ⁻¹ zeminy	Obsah varianty s 100 mg Zn.kg ⁻¹ zeminy	Obsah varianty s 200 mg Zn.kg ⁻¹ zeminy
Kyselina asparagová	18,85	11,39	18,54	18,98
Threonin	3,92	4,88	3,78	3,46
Serin	3,96	4,63	3,74	3,72
Kyselina glutamová	10,44	11,29	13,77	10,34
Prolin	3,19	3,94	3,56	4,19
Glycin	3,34	4,68	3,32	3,16
Alanin	3,36	4,75	3,67	3,13
Valin	4,89	5,35	5,41	5,20
Isoleucin	3,59	4,15	3,67	3,69
Leucin	5,96	7,61	5,93	5,53
Tyrosin	2,63	3,32	2,64	2,48
Fenylalanin	3,84	4,46	4,65	4,15
Histidin	1,83	1,97	2,05	1,98
Lysin	5,87	6,02	5,60	5,16
Arginin	5,80	5,55	6,43	6,41
Cystein	2,16	2,17	1,92	1,86
Methionin	2,13	2,22	2,48	2,27
Celkové množství aminokyselin	85,76	88,40	91,15	85,70

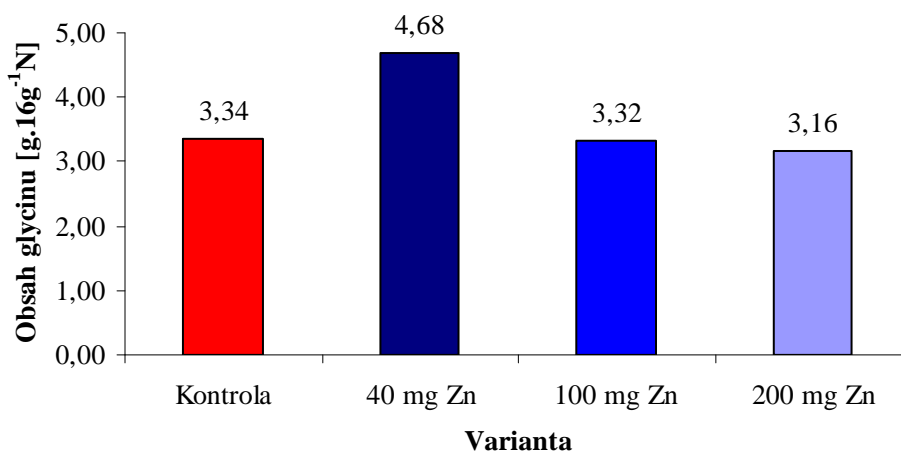
Graf P. IX. a. Průměrný obsah kyseliny asparagové v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



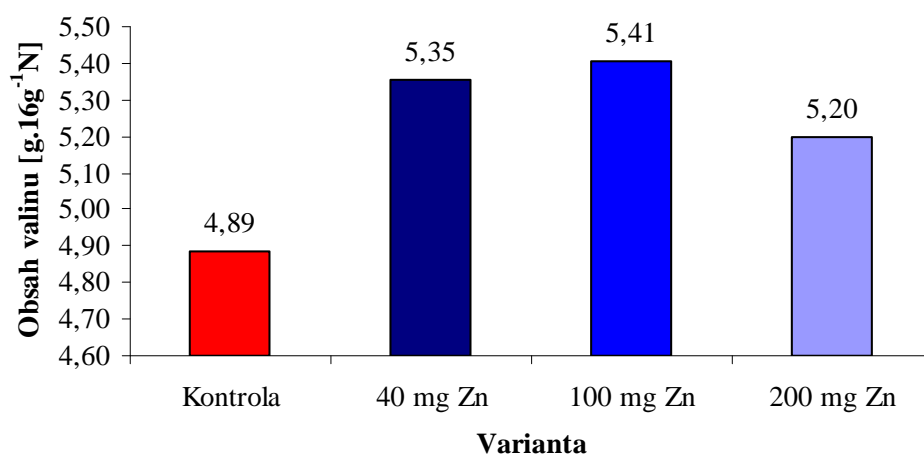
Graf P. IX. b. Průměrný obsah serinu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



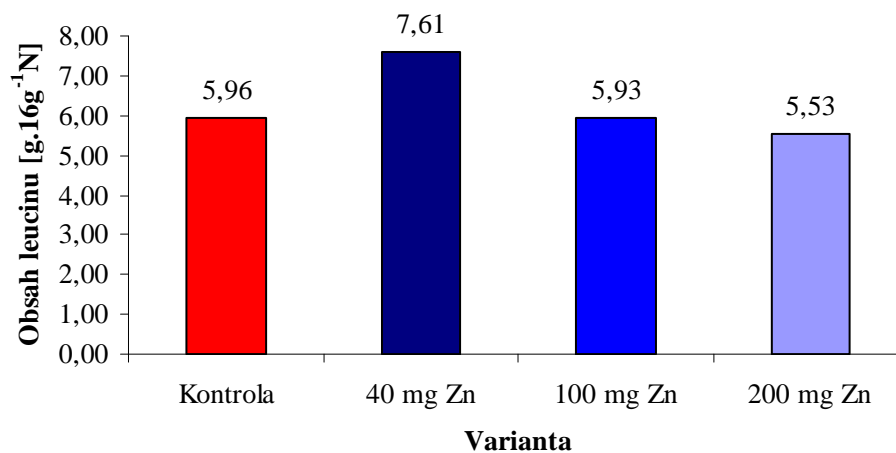
Graf P. IX. c. Průměrný obsah glycinu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



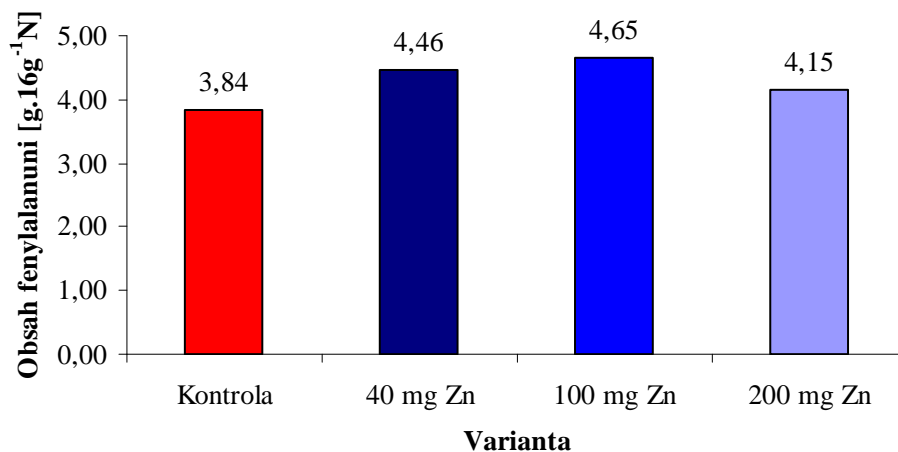
Graf P. IX. d. Průměrný obsah valinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)



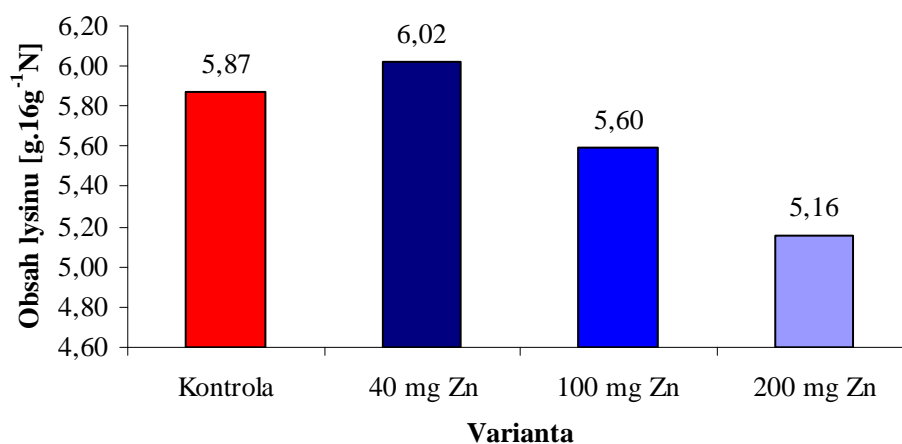
Graf P. IX. e. Průměrný obsah leucinu v hlízách (v g.16g⁻¹N)



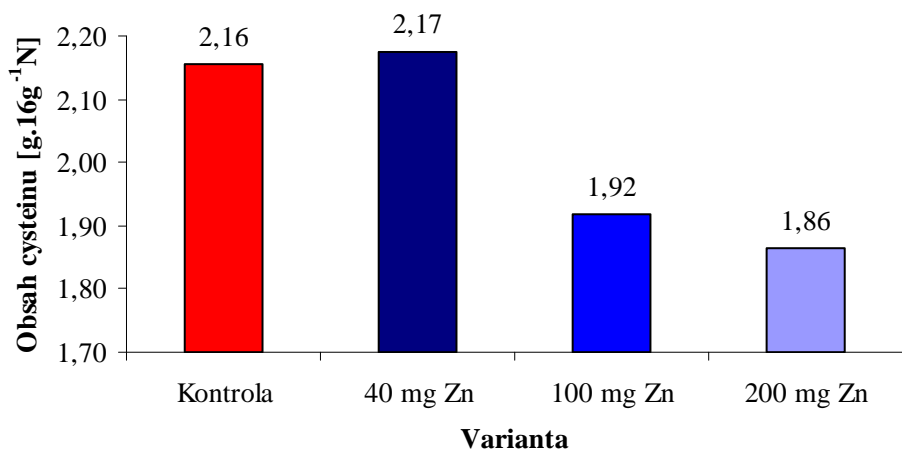
Graf P. IX. f. Průměrný obsah fenylalaninu v hlízách (v g.16g⁻¹N)



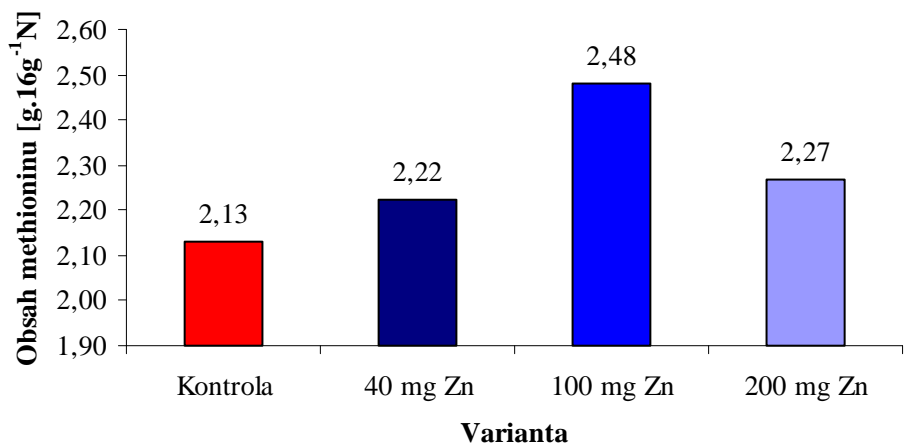
Graf P. IX. g. Průměrný obsah lysinu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



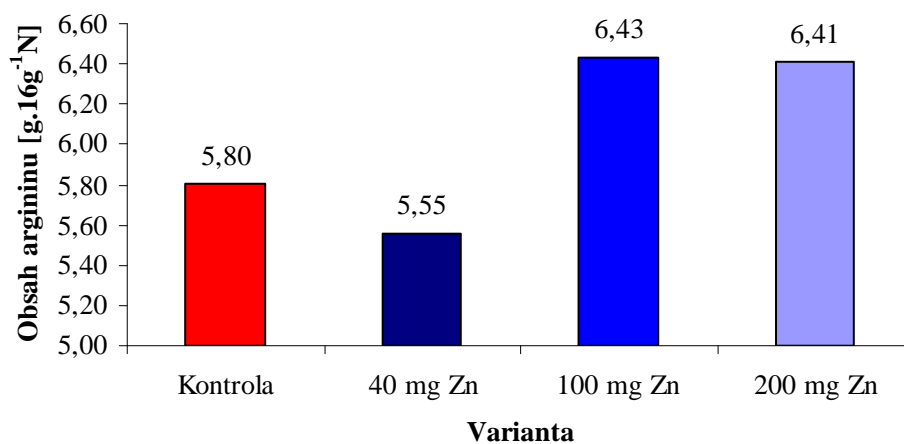
Graf P. IX. h. Průměrný obsah cysteinu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



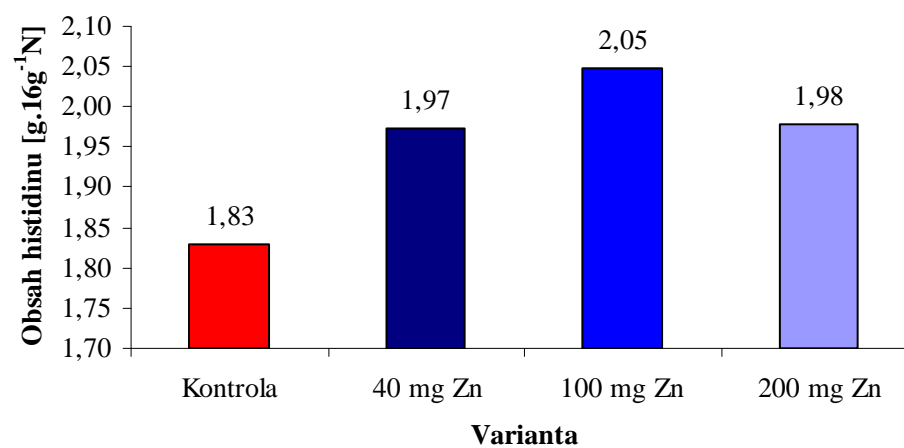
Graf P. IX. ch. Průměrný obsah methioninu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



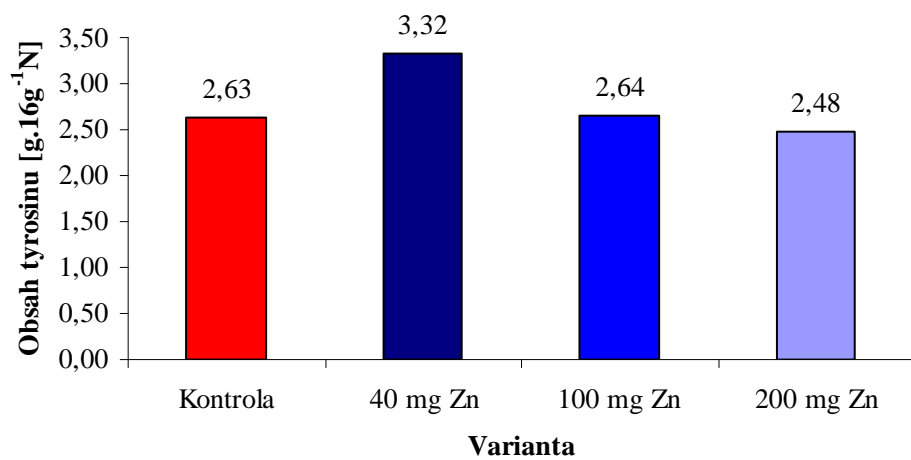
Graf P. IX. i. Průměrný obsah argininu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



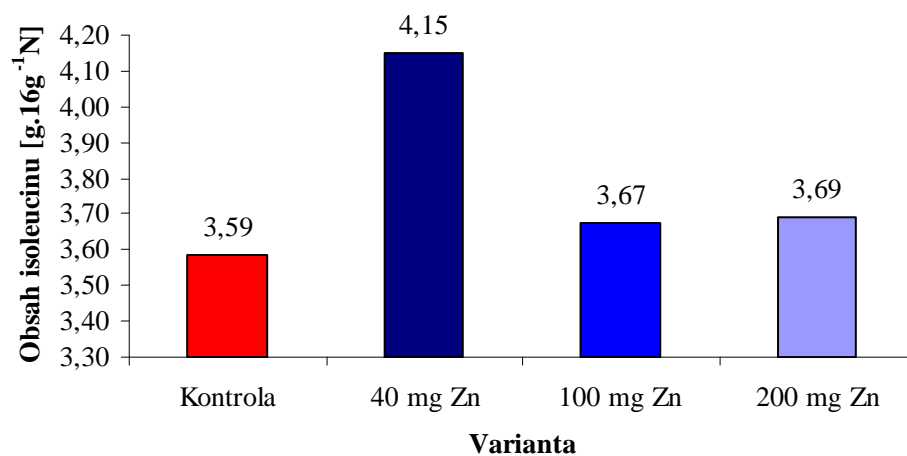
Graf P. IX. j. Průměrný obsah histidinu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



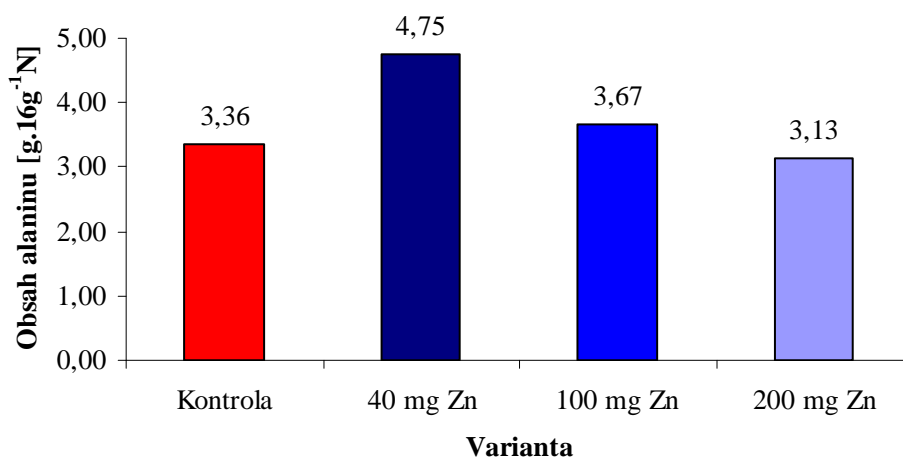
Graf P. IX. k. Průměrný obsah tyrosinu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



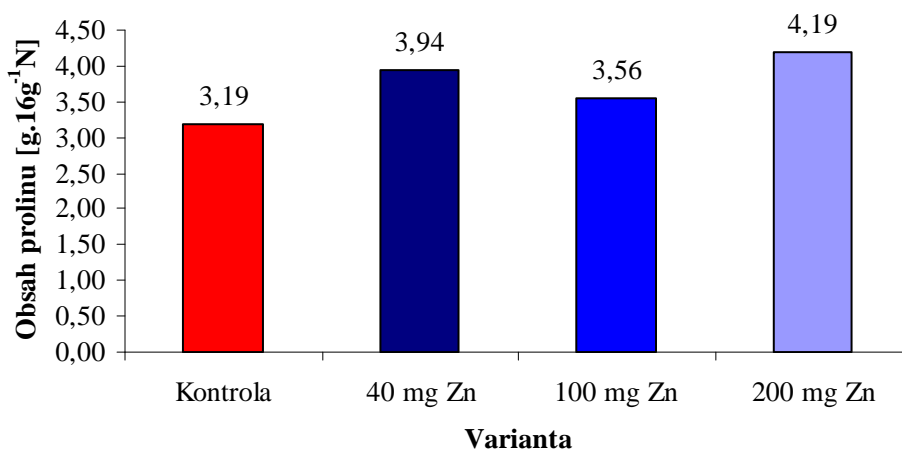
Graf P. IX. l. Průměrný obsah isoleucinu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



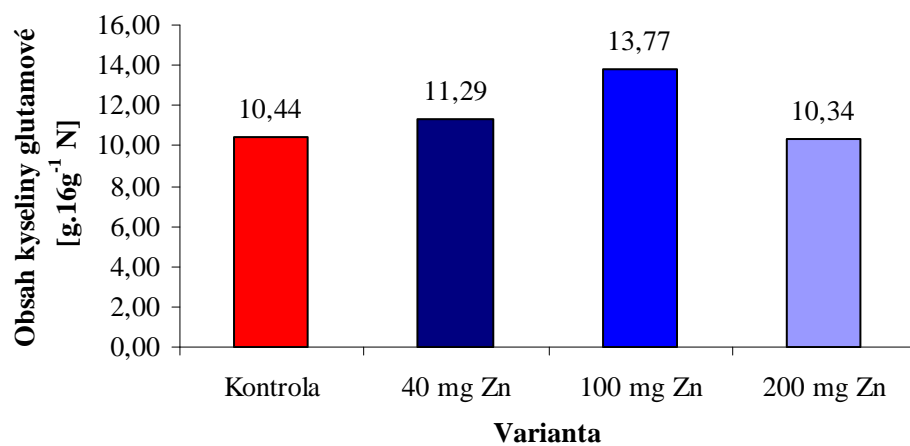
Graf P. IX. m. Průměrný obsah alaninu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



Graf P. IX. n. Průměrný obsah prolinu v hlízách (v $\text{g}\cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



Graf P. IX. o. Průměrný obsah kyseliny glutamové v hlízách (v $\text{g} \cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)



Graf P. IX. p. Průměrný obsah threoninu v hlízách (v $\text{g} \cdot 16\text{g}^{-1}\text{N}$)

