

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

Petr Vaněček

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělské biotechnologie

Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Hodnocení vlivu genotypu na strukturu výnosu a vybrané parametry
hlíz u topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.)**

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.

Autor: Petr Vaněček

České Budějovice, duben 2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr VANĚČEK**
Osobní číslo: **Z10089**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělské biotechnologie**
Název tématu: **Hodnocení vlivu genotypu na strukturu výnosu a vybrané parametry hlíz u topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.)**
Zadávací katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce (BP) bude hodnocení vlivu genotypu na strukturu výnosu a vybrané parametry hlíz u topinamburu hlíznatého. Topinambur hlíznatý představuje nenáročnou plodinu, jejíž potenciál je sporadicky využíván v potravinářství (produkce inulinu, náhražky kávy). Mohl by ale být využíván více - a to nejen v potravinářství, ale také pro krmivářství a v získávání energie (láh, spalování hmoty). Z hlediska pěstitelské technologie patří mezi největší problémy nedostatečná odrůdová či genotypová skladba. V ČR ani v EU není registrována v současné době žádná odrůda - pro pěstování se přemnožuje odrůda "Běloslupké". O vlivu odrůdy na výnosové a hlízové parametry je málo dostupných informací.

Vlastní řešení BP bude vycházet ze založení maloparcelkového odrůdového pokusu na stanovišti České Budějovice. Do pokusu bude zařazeno 5 - 6 genotypů topinamburu získaných z pracoviště Výzkumného ústavu bramborářského v Havlíčkově Brodě. Genotypy se budou lišit rozdílnou v ranosti, výkonností, barvě hlíz a v dalších parametrech. Během vegetace budou sledovány základní biologické charakteristiky hodnocených genotypů a bude veden deník o nástupu hlavních růstových fází. Sklizeň hlíz bude uskutečněna po zmrznutí nadzemní hmoty (v 2. polovině října) a ihned bude provedeno stanovení výnosu hlíz, bude zjištěna průměrná hmotnost jedné hlízy a počet hlíz na jednu rostlinu. Dále budou hlízy zpracovány pro stanovení sušiny hlíz, obsahu N látek a proteinů. Rovněž bude provedena frakcionace hlízových proteinů pomocí denaturační gelové elektroforézy (SDS-PAGE).

Získané výsledky budou statisticky vyhodnoceny a v práci budou prezentovány ve formě přehledných tabulek či grafů. Součástí BP bude podrobný literární přehled o dosavadním stavu řešení problematiky a dosažené výsledky budou podrobeny diskuzi.

Rozsah grafických prací: 5-10 stran
Rozsah pracovní zprávy: 25-30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

- Bárta J., Diviš J. (2008): Topinambur. In: Prugar J. et al. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., Praha, 327 p.
- Bárta J., Bártová V. Diviš J., Peterka J. (2011): Topinambur hlíznatý. In: Moudrý J. et al. Alternativní plodiny. ProfiPress, Praha, 142 p.
- McLaurin W. J., Somda Z. C., Kays S. J. (1999): Jerusalem Artichoke growth, development, and field storage. I. Numerical assessment of plant part development and dry matter acquisition and allocation. *Journal of Plant Nutrition* 22 (8): 1303-1313.
- Somda Z. C., McLaurin W. J., Kays S. J. (1999): Jerusalem Artichoke growth, development, and field storage. II. Carbon and nutrient element allocation a redistribution. *Journal of Plant Nutrition* 22 (8): 1315-1334.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.
Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Datum zadání bakalářské práce: 16. února 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013



Ing. Karel Suchý, Ph.D.
proděkan pověřený vedením ZP

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 18
370 05 České Budějovice

L.S.



prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 16. února 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě archivovaných Zemědělskou fakultou JU elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu panu doc. Ing. Janu Bártovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné připomínky během konzultací při zpracování bakalářské práce, paní Ing. Adéle Brabcové za pomoc při zpracování a analýze vzorků v laboratoři, a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat Výzkumnému ústavu bramborářskému Havlíčkův Brod, s. r. o. za poskytnutí sadby topinamburů.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce bylo hodnocení vlivu genotypu (klonu) topinamburu hlíznatého (*Helianthus tuberosus* L.) na strukturu výnosu a vybrané parametry hlíz. Jednoletý polní pokus byl založen 25. dubna 2012 na pozemku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (nadmořská výška 395 m, obilnářská výrobní oblast), kde bylo vysázeno 8 různých genotypů (Refla, Lola, Gigant, Karina, Völkenroder Spindel, Úrodný, Běloslupký, C 63) ve 3 opakováních (spon 0,3 x 0,75 m). Nejranějšími klony byly vyhodnoceny Úrodný a Gigant (objevení úboru již 84. den ode dne výsadby). Na podzim (31. října) se sklízely hlízy 5 za sebou jdoucích rostlin z prostředního řádku v každém opakování. Statisticky vyhodnocovány byly všechny klony kromě klonu Běloslupký (z důvodu pozdní výsadby). Hodnoty výnosu měly rozpětí od 33,48 t/ha (C 63) do 44,74 t/ha (Úrodný). Genotyp Völkenroder Spindel produkoval nejvíce hlíz na rostlinu (průměr 24,3), ale zároveň byla u tohoto klonu zjištěna nejmenší průměrná hmotnost hlízy 34,73 g ($R = -0,84\%$). Nejméně hlíz produkoval klon C 63 (16,3). Jednoznačně nejvyšší průměrné hmotnosti hlíz bylo dosaženo u genotypu Úrodný (73,59 g; na 2. místě klon C 63 - 55,63 g). Metodou lyofilizace (Alpha 1-4 LSC) se stanovil obsah sušiny v hlízách. Hodnoty sušiny se pohybovaly v rozmezí 18,85 % (Lola) - 22,36 % (Völkenroder Spindel). Dalšími analyzovanými parametry byly obsah bílkovin (BCA Protein Assay Kit, Pierce) a obsah dusíku v sušině hlíz. Nejvyšších hodnot obsahu bílkovin bylo dosaženo u genotypu Refla (6,13 %) a nejnižších u genotypu Úrodný (3,90 %). Hodnoty obsahu dusíku se pohybovaly v rozmezí 0,68 % (Lola) - 1,02 % (C 63). Metodami SDS-PAGE a automatickou čipovou elektroforézou byly v proteinovém složení hlíz jednotlivých klonů zjištěny pouze rozdíly kvantitativní. Přibližné molekulové hmotnosti zjištěných proteinů měly hodnoty 8, 20 - 30, 35, 40, 50, 65, 80, 85 a 90 kDa.

Klíčová slova: topinambur hlíznatý, klon, hlíza, výnos, bílkovina

Abstract

The aim of this bachelor's thesis was the evaluation of the effect of the Jerusalem artichoke's (*Helianthus tuberosus* L.) genotype (clone) on yield structure and selected parameters of the tubers. A one-year field experiment was established on 25th April 2012 on the experimental station of the University of South Bohemia in the České Budějovice (altitude 395 m, a cereal production area), where 8 different genotypes (Refla, Lola, Gigant, Karina, Völkenroder Spindel, Úrodný, Běloslupký, C 63) were planted in 3 replications (spacing at 0.3 x 0.75 m). Úrodný and Gigant were evaluated as the earliest clones (appearing of the flower head 84 days after the date of the planting). The tubers of 5 consecutive plants from the middle row in each replication were harvested in autumn (on 31st October). All clones except clone Běloslupký (due to late planting) were statistically evaluated. The yield values moved in the range of 33.48 t/ha (C 63) to 44.74 t/ha (Úrodný). Genotype Völkenroder Spindel produced the most of the tubers per plant (average 24.3), but we identified the smallest average weight of the tubers (34.73 g) at this clone ($R = -0.84\%$). The least tubers were produced by clone C 63 (16.3). The highest average weight of the tubers was achieved by genotype Úrodný (73.59 g; the 2nd place belongs to clone C 63 - 55.63 g). We used the method of the lyophilization (Alpha 1-4 LSC) to determine the dry matter content in tubers. The values of the dry matter content ranged from 18.85 % (Lola) to 22.36 % (Völkenroder Spindel). The quantity of the proteins and nitrogen contained in the dry matter were other parameters which we analyzed (BCA Protein Assay Kit, Pierce). The highest values of the proteins contained in the dry matter were obtained at the genotype Refla (6.13 %) and the lowest at the genotype Úrodný (3.90 %). The values of the nitrogen content moved in the range of 0.68 % (Lola) to 1.02 % (C 63). When we used methods of the SDS-PAGE and the automatic chip electrophoresis we determined only quantitative differences of the proteins composition in the tubers. The approximate molecular weights of the identified proteins were 8, 20 - 30, 35, 40, 50, 65, 80, 85 a 90 kDa.

Keywords: Jerusalem artichoke, clone, tuber, yield, protein

Obsah

1. Úvod	9
2. Literární rešerše.....	10
2.1 Původ a historie.....	10
2.2 Botanická charakteristika.....	10
2.3 Chemické složení.....	11
2.3.1 Základní složky.....	11
2.3.2 Inulin.....	12
2.3.3 Pektinové látky, vitaminy, křemík, organické kyseliny.....	12
2.3.4 Vliv sklizně u rozdílných typů odrůd na chemické složení.....	13
2.4 Využitelnost topinamburů.....	13
2.4.1 Druhy využitelnosti topinamburů.....	13
2.4.2 Potravinářský směr.....	14
2.4.3 Krmivářský směr.....	15
2.4.4 Energetický směr.....	17
2.5 Pěstování topinamburů a jejich skladování.....	17
2.5.1 Nároky na prostředí.....	17
2.5.2 Zařazení v osevním postupu.....	18
2.5.3 Příprava půdy.....	18
2.5.4 Výsadba.....	18
2.5.5 Hnojení.....	19
2.5.6 Sklizeň.....	19
2.5.7 Skladování hlíz.....	20
2.6 Ochrana proti škůdcům.....	20
2.7 Genotypy topinamburu v ČR.....	20
3. Cíl práce.....	21
4. Materiál a metody.....	22
4.1 Lyofilizace.....	23
4.2 Stanovení obsahu bílkovin (BCA).....	24
4.3 Stanovení obsahu dusíku.....	25
4.4 SDS-PAGE.....	25
4.5 Automatická čipová elektroforéza.....	26
5. Výsledky.....	27
5.1 Hlavní růstové fáze.....	27
5.2 Výnosové parametry.....	28
5.2.1 Výnos.....	28
5.2.2 Počet hlíz na rostlinu.....	29
5.2.3 Hmotnost hlíz.....	30
5.3 Chemické parametry.....	31
5.3.1 Sušina.....	31
5.3.2 Obsah bílkovin a dusíku v sušině.....	32
5.3.3 Proteinové složení.....	34
5.4 Korelace jednotlivých parametrů.....	37
6. Diskuse.....	39
7. Závěr.....	41
8. Přehled použité literatury.....	42
9. Přílohy.....	45

1. Úvod

Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus* L., angl. Jerusalem artichoke) je netradiční plodina, řazená do zeleniny, s hlízami odolnými proti mrazu. Patří do čeledi hvězdnicovitých Asteraceae (Obr. 1,2). Podobá se slunečnici roční (*Helianthus annuus*), i když způsobem pěstování má blízko k bramborám. Topinambur má poměrně široké rozmezí použití, kde nejvýznamnější roli zastává jednak jako součást dietní stravy s příznivými účinky na lidské zdraví, jednak jako krmivo pro zvířata.

Jelikož se topinambur pěstuje bez chemické ochrany, protože je odolný k chorobám a škůdcům, je považován za ekologickou plodinu.

V ČR se topinambur pěstuje jen okrajově, přestože je málo náročný a přitom velmi výnosný.

Zájem o topinambur v současné době roste, díky stoupajícímu zájmu o racionální výživu. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)



Obr. 1,2: Květ a poupě topinamburu; kvetoucí porost topinamburů
(Zdroj: autor)

2. Literární rešerše

2.1 Původ a historie

Topinambur, jehož původ je v Mexiku (kde se vyskytoval kmen Topinambus, podle něhož byl název Topinambur odvozen), se posléze rozšířil do Severní Ameriky. V Evropě se topinambury poprvé objevily až po objevení Ameriky a to v roce 1605, kdy je přivezl objevitel Samuel de Champlain (MARTIN et al, 2002; HAMOUZ, LACHMAN, 2010).

Nejstarší zmínky o pěstování topinamburu v Evropě pocházejí z Francie. V posledních padesáti letech byly v ČR několikrát uskutečněny pokusy o znovu pěstování topinamburů. V 60. letech minulého století tyto pokusy probíhaly na Třeboňsku, na místech, kde se nedařilo bramborám, a v roce 1993 byly topinambury pěstovány na Lounsku (50 ha) pro výrobu přírodního sladidla Vivahelp. V dnešní době lze topinambury sehnat jen obtížně, zato během první republiky byly běžně k dostání na zeleninových trzích. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

Zprvu byly v Evropě topinambury více využívány než brambory, ale postupem času si své postavení vyměnily. Topinambury jsou pěstovány kosmopolitně, ale existuje jen málo zemí, které je pěstují ve větším měřítku, např. Francie. Výnos hlíz je značně variabilní, závislejší na daných podmínkách od 20 - 70 t/ha (4 - 15 t/ha sušiny), výnos celkové biomasy až 30 t/ha. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010; DENOROY, 1996)

2.2 Botanická charakteristika

Topinambur hlíznatý je rostlina botanicky příbuzná se slunečnici, což se v některých zemích využívá pro křížení těchto 2 druhů. Vzniklý kříženec se nazývá slunambur. Rostlina topinamburu (hexaploidní $2n = 102$.) je bohatě olistěná s částečně větveným stonkem a v plné zralosti dosahuje velikosti až 3 m.

Mimořádná úrodnost topinamburů spočívá v dokonalejším využívání světla (asi o 100 % lépe než lesní stromy). Hlavními částmi rostliny zachytávající sluneční záření jsou protáhle vejčité a zřetelně zubaté listy s dlouhými řapíky. Na líci jsou drsné, na rubu bělavě pýřité, lodyhy a listy jsou chloupkaté.

Květy topinamburů mají průměr asi 4 - 8 cm s velkým počtem žlutých kvítků, které jsou uspořádány v malém úboru (nažky u nás většinou nedozrají).

Jelikož je topinambur rostlina krátkého dne, tak ve středoevropských dlouhodobých podmínkách kvete až dlouho na podzim. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

Hlíza topinamburu (hlavní sklizňový produkt) se obsahem sušiny podobá hlíze bramboru a její různé genotypy mohou mít bílou, žlutou nebo červenou slupku. Slupka je mnohokrát tenčí než u bramboru a navíc bez korkové vrstvy, a tak hrozí vysychání hlíz. Hlíza má nepravidelný tvar s kulovitými výběžky. Posklizňová hmotnost hlízy nejčastěji kolísá v rozmezí 20 - 140 g. V ornici jsou hlízy schopny vydržet až - 30 °C. (BÁRTA, DIVIŠ, 2008)

2.3 Chemické složení

2.3.1 Základní složky

Hlízy topinamburu jsou tvořené vodou (až 85 %) a sušinou (podrobněji Tab. 1). V sušině mají největší zastoupení sacharidy, a to 60 - 80 % z jejího obsahu. Hlavní zásobní látkou vyskytující se v hlízách topinamburu je inulin. (BÁRTA et al., 2011)

Tab. 1: Průměrné látkové složení hlíz topinamburu (BÁRTA et al., 2011)

Složka	Vyjádření	Obsah v čerstvé hmotě hlíz
Voda	%	75,0-85,0
Sušina	%	15,0-25,0
N-látky	%	1,16-2,44
Tuky	%	0,1-0,4
Sacharidy (inulin, glukóza, fruktóza)	%	13,0-20,0
Vláknina	%	0,7-1,0
Popeloviny	%	1,0-2,0
P	mg/100 g	73-96
K	mg/100 g	478-676
Mg	mg/100 g	17-20
Ca	mg/100 g	10-228
Na	mg/100 g	1,78-3,49
Fe	mg/100 g	1,48-3,70
B ₁	mg/100 g	0,20
B ₂	mg/100 g	0,16
Niacin	mg/100 g	1,30
L-askorbát	mg/100 g	4,00

2.3.2 Inulin

Inulin je sacharid řazený mezi glukofruktany, což jsou polydisperzní sacharidy (možnost řazení mezi oligosacharidy i polysacharidy). Molekula inulinu se skládá z koncové D-glukózy navázané na lineární řetězec D-fruktóz. Polymerační stupeň určuje počet molekul fruktózy v daném řetězci. U glukofruktanů se polymerační stupeň pohybuje v rozmezí 2 - 60. Aby byl glukofruktan považován za inulin, musí mít stupeň polymerizace vyšší než 10. Působením enzymu inulázy dochází k hydrolyze inulinu na lineární řetězce s nižším polymeračním stupněm. Molekuly glukofruktanů se značí GF_n (G = glukóza, F = fruktóza, n = stupeň polymerizace). (BÁRTA, DIVIŠ, 2008)

Jelikož topinamburový inulin velmi snadno polymerizuje, může se používat i pro výrobu kvalitních biologicky odbouratelných „plastů“.

Inulin je řazen mezi potravinovou vlákninu, což znamená, že ho trávicí enzymy člověka nehydrolyzují, a tak prochází beze změny žaludkem i tenkým střevem. Až v tlustém střevě podléhá inulin mikrobiální fermentaci, a tím napomáhá k pomnožení střevních bakterií rodu *Bifidus*, které syntetizují vitaminy skupiny B a usnadňují vstřebávání některých důležitých iontů (Ca, Fe). (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

Optimální podmínky pro maximální výtěžnost extrakce inulinu (68,70 %) jsou při 85 °C, 60 min, poměr vody k sušině 1:20. Inulin je lépe vysrážen ethanolem a acetonem oproti acetonitrilu nebo propanolu. Bylo zjištěno, že optimální podmínky, kdy dochází ke kompletní hydrolyze inulinu, jsou při pH 2,0, upravené kyselinou sírovou, a to během 90 minut při teplotě 100 °C. (ABOZED et al., 2009)

2.3.3 Pektinové látky, vitaminy, křemík, organické kyseliny

Další důležitou složkou chemického složení topinamburu jsou pektinové látky (asi 11 % sušiny topinamburu), které byly poprvé získány právě z hlíz topinamburu (před 200 lety). Při styku se sloučeninami těžkých kovů, pesticidy, radioaktivními látkami působí pektinové látky profylakticky a také snižují ukládání tuku v cévách.

Výhodou topinamburů je i bohaté zastoupení vitaminů (tzv. polyvitaminová plodina), mezi které patří např. vitaminy B-komplexu (niacin), kyselina askorbová (vitamin C), β-karoten (provitamin vitaminu A), biotin (vitamin H).

Topinambur je „křemíkoofilní“ rostlina (tzn., že aktivně kumuluje křemík z půdy). Křemík je nezbytný pro zajištění pevnosti kostní tkáně, tvorbu kolagenu a vstřebávání dalších prvků.

Z organických kyselin se v hlízách topinamburu vyskytují převážně kyseliny citronová, malonová, jantarová, jablečná, fumarová. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

2.3.4 Vliv sklizně u rozdílných typů odrůd na chemické složení

Vysoký obsah (60 - 65 % suché hmotnosti sušiny) sacharidů rozpustných ve vodě se vyskytuje v časných sklizených odrůdách a středně raných odrůdách (Gigant) sklizených 22. až 25. týden po výsadbě. U pozdních odrůd se podobná část získala (55 - 60 % sušiny) při sklizni 29. až 33. týden po výsadbě. Období mrazových změn vede k přeměně vysoce polymerního inulinu na nízko polymerní inulin až sacharózu.

Při pěstování raných a středních raných odrůd ubývá obsah inulinu z 12 - 14 % sušiny na 6 - 8 %, u pozdních se snižuje množství inulinu z 12 - 16 % sušiny na 7 - 10 %. Tyto znalosti o sacharidových profilech pro různé odrůdy jeruzalémského artyčoku nabízí možnost výběru vhodných kultivarů a rozhodování o vhodné době sklizně pro optimální zpracování hlíz, které jsou používány jako prebiotika a nové potravinové složky. (KOCŠIS et al., 2007)

2.4 Využitelnost topinamburů

2.4.1 Druhy využitelnosti topinamburů

1) Potravinářský směr (lidská výživa)

- *cíl*: konzum, produkce diapotravín, produkce výrobků racionální výživy
- *způsob pěstování a sklizně (dále jen ZPS)*: jednoletý nebo víceletý, sklizeň 10 dnů po zmrznutí natě na podzim, kdy hlízy obsahují nejvíce inulinu ve vysoké kvalitě (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)
- nejdůležitější složkou hlíz topinamburu je inulin, díky kterému se hlízy řadí do funkčních potravin
- inulin je potravinová vláknina, kterou naše tělo nestráví, a tak se používá jako objemový prvek v nízkokalorických potravinách (BÁRTA, DIVIŠ, 2008)
- používá se jako náhrada tuků (dlouhé řetězce inulinu), dokonce se z něj vyrábí i fruktózové sirupy (McLAURIN et al., 1999)

2)Krmivářský směr

- *cíl*: krmivo pro hospodářská zvířata
- *ZPS*: víceletý, sklizeň natě 1 - 2x za vegetaci, sklizeň hlíz na jaře (HAMOUZ et al., 2010)

3)Energetický směr

- *cíl*: výroba bioetanolu (či bioplynu), spalování biomasy
- *ZPS*: víceletý, sklizeň natě na podzim až začátkem zimy po vysušení mrazem, sklizeň hlíz na jaře (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)
- pro výrobu bioetanolu je zpracovatelná celá nadzemní část biomasy (BÁRTA, DIVIŠ, 2008)
- spalné teplo sušiny v nadzemní fytomase je 18,606 kJ/g (ČEPL et al., 1997)

2.4.2 Potravinářský směr

Sušené hlízy mají značnou kapacitu pro zadržování vody při nízkých teplotách a vysokou viskozitu snižující činnost bramborové škrobové pasty při tepelné úpravě. Všechny tyto aspekty naznačují širokou využitelnost v potravinářském průmyslu. (TAKEUCHI, NAGASHIMA, 2011)

Pro potravinářské účely se hlízy topinamburu využívají jako vhodná surovina pro výrobu nejrůznějších nízkoenergetických výrobků, nápojů a potravinových doplňků (pyré k obohacování těsta). Sušené vločky a plátky mohou být přidávány do přesnídávkových směsí se zvýšeným obsahem vlákniny nebo do výrobků typu müsli či jogurtů. Do chleba a pečiva se přidávají tzv. granuláty z topinamburů. V ČR bylo v 90. letech z topinamburů vyrobeno přírodní sladidlo Vivahelp (později Topinfít, fruktózní sirup). (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

Dietní strava obsahující inulin extrahovaný z topinamburů, prášek z lotosového květu, bylinný prášek z kopřivy a eukalyptu vede k účinnému a výraznému snížení hmotnosti tělesného tuku a jiných s obezitou souvisejících tělních ukazatelů. Předpokládá se, že směs bylin a inulinu v této dietní stravě má mnohem větší potenciál pro snižování hmotnosti u obézních lidí, než bylo doposud objeveno. (LEE, KANG, 2009)

Pokud se topinambury konzumují pravidelně, mohou preventivně působit i proti několika chorobám spojených s nevhodným stravováním (kardiovaskulární nemoci, dna, revmatismus, mírnění žlučové koliky - harmonizace činnosti žlučníku

s ostatními orgány). Dále byly v poslední době vědecky prokázány příznivé efekty jako protiastringentní účinek, snižování hladiny LDL cholesterolu v krvi, zlepšování činnosti trávicí soustavy, regulace krevního tlaku, ochrana jater a ledvin, ale i detoxikační a antistresové účinky.

Strava připravená z topinamburů je lehká dietní, a tím je velmi vhodná pro děti, seniory, lidi s přetíženým organismem i pro rekonvalescenty po překonaných chorobách.

Před samotnou konzumací hlíz topinamburů je můžeme upravit na mnoho způsobů – za syrova, vařením, dušením, pečením či smažením. Výhodou přípravy hlíz za syrova je zachování všech zdravotně příznivých látek, jinak lze topinambury používat jako surovinu do bramboráku, zeleninových řízků, karbanátků nebo pro zahušťování polévek, či omáček (rozvaření při dlouhém vaření). Chuťově syrové topinambury připomínají artyčoky a lískové oříšky.

V zemích jako je Francie a Německo se z topinamburu vyrábí konzumní líh s vysokou výtěžností, a to 6 - 10 litrů absolutního lihu ze 100 kg hlíz. Tento líh je vysoce kvalitní jak pro potravinářské, tak pro zdravotnické užití. V Německu se dokonce vyrábí i alkoholický nápoj topinamburku. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

2.4.3 Krmivářský směr

Hospodářská zvířata

Pro využití topinamburu jako krmiv pro zvířata je důležitá informace o přirozených rozdílech v krmné nutriční kvalitě, pokud prostřednictvím kvality píce je třeba zlepšit chov. Gerald J. Seiler a L. G. Cambell (2006) určili genotypové variability píce u kultivarů topinamburu, a to prostřednictvím koncentrací N, P, Ca, Mg, K a poměru Ca/P v době kvetení. Přiměřenost píce jeruzalémského artyčoku pro výživu přežvýkavců byla klasifikována takto: N, Ca, Mg, K jako adekvátní, P nedostatečná a poměr Ca/P jako nadměrný. Význam genotypového rozptylu složek znamená, že značná část z celkové variace těchto prvků je způsobena kultivarem, což naznačuje možnost zlepšení těchto prvků pomocí šlechtění.

Jako příklad využití topinamburu v krmné dávce jsou slepice, jimž je podáván topinambur spolu s vikví, mají sice o 4,36 - 10,09 % nižší živou hmotnost než slepice krmeny standardním způsobem, ale zvyšuje se efektivita výkrmnosti. Co se týče

kvality vajec, tak u nosnic krmených topinamburem dochází ke statisticky průkaznému zlepšení kvality vajec, produkce vajec se ovšem neliší stejně jako obsah cholesterolu ve vejcích. (YILDIZ et al., 2006)

Lesní zvěř

Nat' topinamburu je vhodná pro sušení letniny, která má výrazné aroma a je v zimě často vyhledávána spárkatou zvěří. Dalším způsobem, jak zpracovávat nat' topinamburu je silážování. Jedním z nejdůležitějších využití natě topinamburu je poskytování pastvy v jarním období a podzimním období do prvních mrazů, kdy složení potravy na pastvinách není dostatečně pestré, což se může projevit na zdraví býložravé zvěři. Zatímco na jaře je o mladý porost topinamburů velký zájem, v létě už zvěř, díky veliké variabilitě rostlin, vyhledává svou potravu jinde. Hlízy topinamburu slouží jako dužnaté krmivo hlavně pro černou, drobnou a spárkatou zvěř. Polysacharid inulin v hlízách topinamburu působí jako dietetická vláknina. Dráždí střevo k intenzivnější činnosti a k posunu střevního obsahu, čímž zlepšuje peristaltiku střev. Dalším využitím porostu topinamburů v době vegetace je poskytování úkrytu pro srnčí a bažantí zvěř. Je lepší více menších políček rovnoměrně rozmístěných po honitbě.

Pro sadbu jsou vhodné neobdělávané zemědělské pozemky, nevyužité pozemky pod elektrovody nebo deponia bahna v okolí vyhrnutých rybníků. Na neobdělávaných plochách je důležité zhodnotit aktuální stav pozemku, aby nedošlo po zpracování půdy k zamokření pozemku, které znemožní další hospodaření. Musí se dávat pozor na deponie rybníčního bahna, kde hrozí přítomnost těžkých kovů.

Podzimní sadba se nedoporučuje, jelikož je velmi často sadba sebrána černou zvěří a hlodavci. V některých oblastech je zničena i jarní sadba. Potom nezbyvá nic jiného než sadbu opakovat nebo sázet později. Sadbu vyzvedáváme na jaře, protože se hlízy snadno oddělují od stonku a odpadá skladování přes zimu.

Nat' sklízíme při výšce porostu okolo 2 metrů, a to tak, že ji seřezáváme ve výšce 80 centimetrů. Z důvodu velkého obsahu vody ve sklízené nati je potřeba zajistit pro sušení tmavé a větrané prostory, aby nedošlo k nežádoucímu zapaření, plesnivění, či černání letniny. Ročně můžeme seřezávat nat' až třikrát. Porosty zajišťující kryt zvěři sklízíme jen z části.

Hmotu pro siláž sklízíme způsobem jako letninu. Silážujeme ve směsi nebo samostatně. Do siláže přidáváme podle potřeby cukerný doplněk přidáním melasy pro podporu mléčného kvašení. Na podzim stačí hlízy pouze vyorat a nechat volně na poličku. Zvěř je během zimy může konzumovat až do jara, pokud tomu nebrání sníh.

Hledáme-li v současnosti možnosti zvyšování úživnosti honiteb, neměli bychom zapomínat na osvědčené plodiny, mezi něž patří právě topinambur. (HRBEK, 2005)

2.4.4 Energetický směr

Možnost pěstování topinamburu pro energetické účely vzbudil vědecký zájem o tento druh. Zkoumají se výnosy topinamburů pěstovaných za různých podmínek (hustota rostlin, množství N hnojiva, způsob šíření rostlin). Nejvyšší výnosy sušiny hlíz (18,4 t/ha) a nejvyšší výnos celkové biomasy jsou zaznamenány při hustotě 2 ks/m², 100 kg N/ha a při sázení hlíz (oproti pěstování ze semen). Z důvodu malého výnosu hlíz a biomasy při pěstování topinamburů vzešlých ze semen je doporučeno pěstovat topinambury prostřednictvím sázení hlíz. (RODRIGUES et al., 2007)

Topinambur je využitelná plodina pro výrobu bioetanolu, který se např. přidává do benzínu používaného v Argentině od roku 2010. Některé studie naznačují, že 4500 l etanolu může být vyrobeno z 50 tun hlíz. (LELIO et al., 2009)

2.5 Pěstování topinamburů a jejich skladování

2.5.1 Nároky na prostředí

Topinambur je nenáročná plodina, pro kterou pouze není vhodná těžká půda z důvodu většího počtu menších hlíz, a zamokřené pozemky s vysokou hladinou spodní vody, kde se opožďuje vzcházení, vyvíjí se slabý kořenový systém, dochází ke snižování asimilační plochy a výnosu hlíz.

Rostliny topinamburů se projevují jako xerofyty i mezofyty. Mají střední náročnost na vláhu, kterou díky velmi dobře vyvinutému kořenovému systému mohou čerpat z hluboké půdy i během sušších let. Dostatečná vláha je nejdůležitější v období růstu hlíz, tedy v srpnu a září.

Pomocí svého kořenového systému dokáže topinambur získávat živiny z větších hloubek i z těžko přístupných vazeb. Největší nároky na vláhu má v srpnu

a září, kdy se intenzivně tvoří hlízy. Na půdách s velkou výživovací schopností dochází k velké produkci biomasy a může se tak stát až nežádoucí rostlinou. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

Topinambur je schopen konkurovat plevelům za předpokladu, že je sázen v užším sponu. Tím se docílí vyšší produkce zelené biomasy, dojde k rychlému zápoji jednotlivých rostlin a zastínění plevele. (HRBEK, 2005)

2.5.2 Zařazení v osevním postupu

Topinambur můžeme pěstovat dvěma způsoby buď tzv. intenzivním jednoletým pěstováním, kde uplatňujeme rotaci plodin, anebo víceletým pěstováním na jednom poli. U intenzivního pěstování nelze provádět sklizeň na jaře a následná plodina je zaplevelená vzešlými rostlinami topinamburu z nesklizených hlíz. U víceletého pěstování se využívá samoobnovy porostu z hlíz ponechaných v půdě. V praxi se oba druhy pěstování kombinují tím způsobem, že se sice pěstuje víceletým způsobem, ale každý rok probíhá řádná výsadba (zvýší se jistota výnosu). (BÁRTA et al., 2011)

2.5.3 Příprava půdy

Při intenzivním pěstování se po sklizni předplodiny provede podmítka a její ošetření. Na podzim se provádí střední orba se zapravením hnojiv. Zimní hluboká orba se většinou z ekonomických důvodů vynechává. Na jaře se, s ohledem na brzký termín výsadby (přelom března a dubna), provede urovnání povrchu půdy a aplikuje se minerální dusík. Potom následuje kypření půdy až do hloubky 160 - 220 mm, které se dělá na dvakrát, z toho jednou těsně před sadbou. (BÁRTA et al., 2011)

2.5.4 Výsadba

Topinambury se nejčastěji vysazují se stejnou roztečí jako brambory, a to 750 mm (kvůli mechanizaci pro pěstování brambor). Vzdálenost řádků se volí mezi 250 - 400 mm, kdy pěstování v užším sponu je při využití nadzemní hmoty. (BÁRTA et al., 2011)

V našich podmínkách se topinambury množí hlízami. Sadbové hlízy by měly být velké minimálně 30 mm a vážit okolo 40 - 60 g (bez poškození a hniloby). (HAMOUZ, LACHMAN, 2010; BÁRTA et al., 2011)

Výsadba topinamburů při nižších teplotách (10 - 16 °C) snižuje celkovou hmotnost sušiny a spolu s tím obsah inulinu, naopak obsah inulinu se zvyšuje, když jsou topinambury zasázeny během teplejších období (21 - 31 °C). (PUANGBUT et al., 2012)

2.5.5 Hnojení

Pro zvláště vysoké výnosy se k organickému hnojení přidávají ještě minerální hnojiva (tj. 40 kg P, 90 kg K a 70 - 100 kg na hektar). Z důvodu hrozby vyplavení dusíku z půdy se aplikuje až na jaře, a to buď před kypřením (jarní výsadba) nebo před okopávkou (podzimní výsadba). Fosfor a draslík zapravujeme do půdy buď souběžně s hnojem, nebo při kypření před sázením (podzim nebo jaro). (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

Hnojení topinamburů ovlivňuje především počet hlíz, jejich velikost a množství N-látek (DENOROY, 1996). Výsadba topinamburů může být prováděna jak na jaře, tak na podzim. Lepší variantou je podzimní výsadba, protože porost na jaře vzejde dříve, lépe využije zimní vláhu, má delší vegetační dobu a výnosy jsou zpravidla stabilnější a jistější. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

2.5.6 Sklizeň

Sklizeň hlíz může být provedena na podzim i na jaře (díky odolnosti hlíz vůči mrazu). Na podzim se sklízí nejdříve po převodu látek z nadzemních částí rostlin do hlíz (odumření nadzemní části vlivem mrazu), tedy přelom října a listopadu. Před samotnou sklizní je zapotřebí odstranění nadzemní části až na 50 - 100 mm vysoké strniště (řezačky, rozbíječe natě). (BÁRTA et al., 2011)

Pokud jsou hlízy topinamburů pěstovány záměrně pro diabetiky nebo na výrobu fruktózového sirupu, tak je jako nejvhodnější čas sklizně podzim asi 10 dnů po zmrznutí natě, kdy se cukry z nadzemní hmoty přesunou do hlíz. V této době mají hlízy nejvyšší obsah inulinu a po jeho hydrolyze dostaneme velmi příznivý poměr fruktózy ke glukóze. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

Nevýhodou sklizně na podzim je, že hlízy spolu s kořeny a zeminou vytvářejí kompaktní shluk, a tak se to jen velmi obtížně mechanicky sklízí. (BÁRTA et al., 2011)

Pro pěstování sadbových hlíz (vyjma podzimní výsadby) a pro výrobu bioetanolu je vhodnější sklizeň na jaře. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

2.5.7 Skladování hlíz

Hlízy topinamburů nelze skladovat déle jak 14 dní kvůli rychlému vysychání. Ke sklizni by mělo dojít na jaře, protože dochází k lepšímu uvolňování hlíz od rostliny než na podzim. Jelikož jsou hlízy poměrně mrazuvzdorné, skladování přes zimu v půdě jim neubírá nic na jejich kvalitě (DENOROY, 1996; ČEPL et al., 1997).

Skladování ve sklepě není vhodné, protože hlízy snadno plesnivějí. Nejlepší je skladovat hlízy venku pokryté listím. Pokud dojde k naklíčení, není se čeho obávat, protože výhonky jsou, na rozdíl od klíčků brambor obsahujících solanin, nezávadné. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

2.6 Ochrana proti škůdcům

Výjimečně se u nás na listech topinamburu vyskytuje rez slunečnicová (*Puccinia helianthi*). Občas může být topinambur napadený houbou hlízenkou obecnou (*Sclerotinia libertiana* F.) hlavně na těžkých půdách a při víceletém pěstování. Takto napadené rostliny je zapotřebí odstranit a spálit, jinak chemická ochrana není nutná. (HAMOUZ, LACHMAN, 2010)

Topinambur hlíznatý je druh, který může být zdrojem odolnosti proti některým chorobám kultivované slunečnice např. rakovina stonku. (Terzic et al., 2011)

2.7 Genotypy topinamburu v ČR

V ČR byl od roku 1958 povolený klon Běloslupký. Později k nám ze SSSR dorazily barevné odrůdy (Maslovský červený, Severokavkazský červený, Lotyšský atd.) i běloslupké (Bílý kyjevský, Bílý raný, Vadim, Nachodka). V dnešní době není v ČR zaregistrována žádná odrůda topinamburu hlíznatého. Poměrně velkou variabilitu odrůd můžeme vidět např. v USA a Rusku. (BÁRTA, DIVIŠ, 2008)

3. Cíl práce

Tato práce by se měla zaměřit na pozorování a analýzy genotypů (klonů): Refla, Lola, Gigant, Karina, Völkenroder Spindel, Úrodný, Běloslupký (pouze u bodu č. 1), C 63, v těchto směrech:

- 1) Zjištění a porovnání meziklonových rozdílů v nástupu růstových fází.
- 2) Hodnocení výnosů hlíz mezi klony.
- 3) Meziklonové posouzení množství hlíz na rostlinu.
- 4) Porovnání průměrné hmotnosti hlíz.
- 5) Určení sušiny v hlízách a okomentování meziklonových rozdílů.
- 6) Stanovení obsahu bílkovin a N v sušině hlíz a srovnání výsledků mezi danými genotypy.
- 7) Analýza a vyhodnocení proteinového složení hlíz jednotlivých odrůd metodami SDS PAGE a automatickou čipovou elektroforézou.

4. Materiál a metody

Byl založen maloparcelový (asi 0,03 ha) polní pokus na pozemku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (obilnářská výrobní oblast, nadmořská výška lokality 395 metrů), kde bylo vysázeno 8 genotypů (klonů) topinamburu hlíznatého: Refla, Lola, Gigant, Karina, Völkenroder Spindel, Úrodný, Běloslupký, C 63 (popis klonů Tab. 2)

Tab. 2: Základní charakteristika jednotlivých klonů

Klon	Barva slupky hlízy	Výnos nadzemní biomasy	Výnos hlíz	Počátek kvetení
Refla	červená	střední	střední	září/říjen
C 63	bílá	nízký	nízký	červenec/srpen
Karina	bílá	vysoký	střední	září/říjen
Úrodný	bílá	nízký	vysoký	červenec/srpen
V. Spindel	bílá	střední	vysoký	září/říjen
Lola	červená	vysoký	střední	září/říjen
Gigant	bílá	nízký	vysoký	červenec/srpen
Běloslupký	bílá	střední	vysoký	září/říjen

(Zpracováno dle Kasala et al., 2013)

Každý klon byl na poli vysázen ve 3 opakováních. Hlízy byly sázeny ručně do sponu 0,3 x 0,75 m (Obr. 3, kapitola Přílohy). K výsadbě došlo 25. dubna 2012, z důvodu nedostupnosti klonu Běloslupký, který byl dosázen 28. května už jako vzešlá rostlina, bylo zprvu vysazeno pouze 7 genotypů. Pro zjištění půdních podmínek byl 16. května odebrán vzorek půdy (5 sond do hloubky 25 cm bez travního porostu – rozložení sond obr. 4, rozbor půdy Tab. 3; kap. Přílohy)

Období duben - říjen (během vegetační doby) bylo teplotně nadprůměrné oproti dlouhodobému normálu, zatímco srážky byly výrazně nadprůměrné jen v červenci a naopak podprůměrné v květnu a červnu. Pro vývoj hlíz je nejdůležitější období září - říjen, kdy byly srážky mírně nadprůměrné a teploty srovnatelné s dlouhodobým normálem (Tab. 4).

Tab. 4: Průměrné teploty a úhrny srážek v Českých Budějovicích v období
duben - říjen 2012

Veličina	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	Celkem
Úhrn srážek (mm)	46,8	73,7	168,2	141,8	143,0	61,4	37,1	672
Průměrná teplota (°C)	9,2	15,0	18,0	18,7	18,9	14,0	8,5	14,6

Pozn.: Meteorologická data byla poskytnuta českobudějovickou pobočkou Českého hydrometeorologického ústavu.

V průběhu vegetačního období byly zaznamenávány nástupy hlavních vývojových fází růstu topinamburu, jelikož topinambur hlíznatý nemá zpracované své vlastní růstové fáze, byly pro hodnocení vývoje topinamburů použity růstové fáze botanicky příbuzné slunečnice roční. Na základě růstových fází byl sestrojen graf (Graf 1, kap. Výsledky).

Ruční sklizeň topinamburů proběhla 31. října, a to tak, že se sklídily hlízy 5 za sebou jdoucích rostlin z prostředního řádku v každém opakování (tzn., že se výnosové parametry určily odhadem). Poté se hlízy z každého opakování zvážily a spočítaly.

4.1 Lyofilizace

a) Příprava vzorků

- 1) Náhodným výběrem bylo od každého klonu získáno 15 hlíz, a to tím způsobem, že se z každého opakování daného klonu vybralo právě 5 hlíz. Všechny 15 hlíz daného klonu bylo rozděleno na poloviny, kde se posléze z každé poloviny (rovnoběžně s půlicím řezem) ukrojil plátek o tloušťce do 2 mm.
- 2) Vzniklé dva plátky ze stejné hlízy se přemístily každý do jiné lyofilizační dózy. Tento postup byl proveden u všech 7 statisticky zpracovaných klonů.
- 3) Následně byly dózy se vzorky zváženy a zmrazeny v mrazáku při teplotě - 80 °C na dobu více jak 24 h.

b) Proces lyofilizace

Lyofilizace probíhala na přístroji Alpha 1-4 LSC, Martin Christ, Germany, za následujících podmínek: teplota - 65 °C, tlak 0,420 mbar, doba lyofilizace asi 48 h. Potom se lyofilizáty zvážily a zhomogenizovaly na laboratorních mlýnech.

4.2 Stanovení obsahu bílkovin (BCA)

Ke stanovení obsahu bílkovin ve vzorku byl použit analytický kit „BCA Protein Assay Kit“ (Pierce, v ČR zastupuje Genetica), měření probíhalo dle návodu výrobce.

a) Příprava vzorku

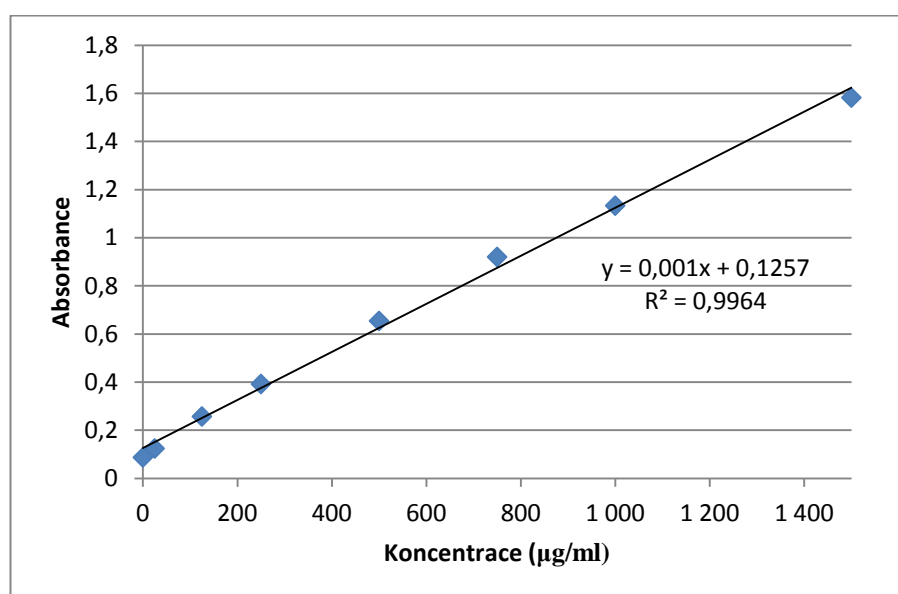
- 1) Do 2 ml centrifugačních mikrozkušavek bylo naváženo cca 50 mg vzorku (zapsána přesná hmotnost kvůli dosazení hodnoty do výpočtu).
- 2) K cca 50 mg lyofilizované sušiny bylo přidáno 500 μ l extrakčního pufru (složení extrakčního pufru: 0,0625 M Tris-HCl pH = 6,8 + 2 % SDS).
- 3) Extrakce probíhala 4 hodiny při 4°C.
- 4) Poté byla provedena centrifugace (10 min, 4°C, 10 000 rpm), kdy byl supernatant přepipetován do 1,5 ml centrifugačních mikrozkušavek.

b) Měření obsahu bílkovin

Na spektrofotometru se při vlnové délce 562 nm v plastových kyvetách změřila absorbance supernatantu. Dle kalibrační řady byl proveden přepoččet naměřené absorbance na obsah bílkovin v μ g/ml.

Kalibrační křivku (Graf 2) jsme sestrojili dle Tab. 5 (kap. Přílohy) ředěním bílkovinného standardu BSA (hovězí sérový albumin) o koncentraci 2 mg/ml, který byl rovněž součástí kitu.

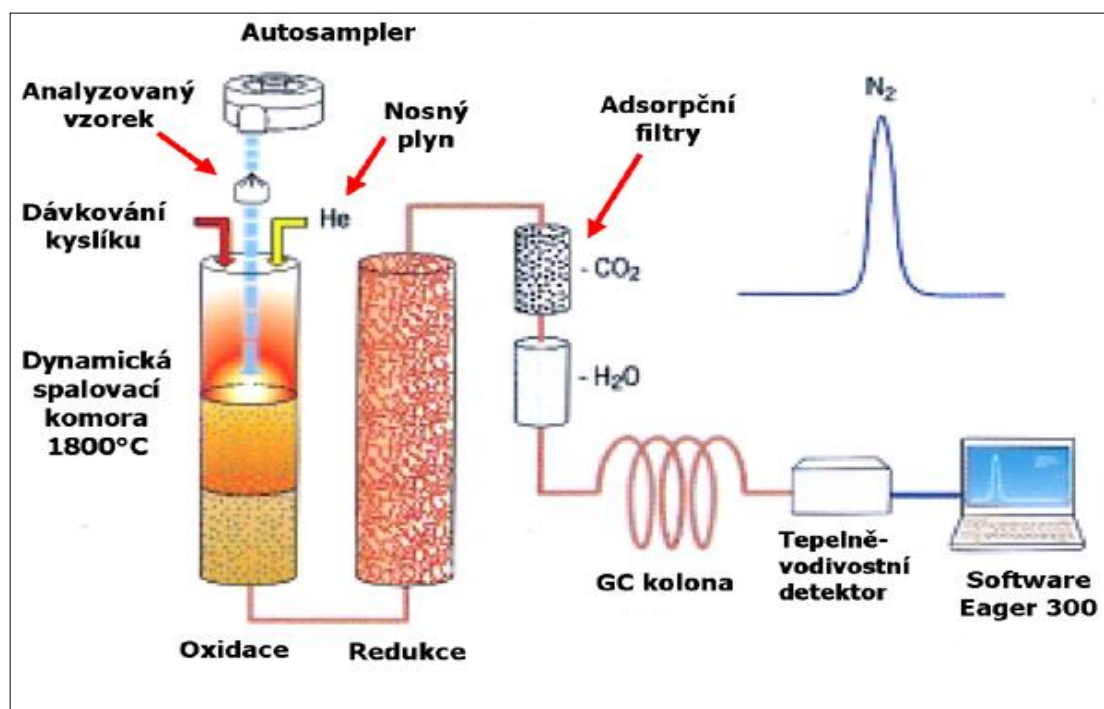
Graf 2: Kalibrační řada



4.3 Stanovení obsahu dusíku

Postup stanovení obsahu dusíku

- 1) Navázili jsme 25 mg lyofilizované sušiny hlíz, vždy ve dvou opakováních pro každý klon.
- 2) Na přístroji Flash EA 1112 (Obr. 5, ThermoQuest, USA/Itálie) byla provedena analýza obsahu celkového dusíku modifikovanou Dumasovou metodou (standard kyselina asparagová).



Obr. 5: Schéma analýzy N na přístroji Flash EA 1112 (Zdroj: upraveno dle materiálů firmy ThermoQuest)

4.4 SDS-PAGE

a) Příprava vzorků

- 1) Vzorky byly smíchány s SDS-PAGE pufrům (poměr sušina k pufru 1:10).
- 2) Ke 40 μ l vzorku bylo přidáno 10 μ l nanášecího pufru s β -merkaptoethanolem a pak se vzorky 3 minuty vařily.
- 3) Na gel (složení Tab. 6, kap. Přílohy) bylo nanášeno 20 μ l vzorku.

b) Podmínky při SDS-PAGE

SDS-PAGE probíhala na vertikální elektroforéze SE 600 (Hoefler, USA) při napětí 200 V a el. proudu 40 mA/ na gel.

4.5 Automatická čipová elektroforéza

a) Příprava vzorků (dle výrobce Bio-Rad)

- 1) V 0,5 ml centrifugační mikrozkušavce jsme smíchali 4 μ l Pro260 ladder s 2 μ l vytvořeného vzorkového pufru (30 μ l vzorkového pufru a 1 μ l β -merkaptoethanolu). Vzorky k analýze čipovou elektroforézou jsme připravili v centrifugační mikrozkušavce tak, že jsme ke 4 μ l vzorku přidali 2 μ l vzorkového pufru, podobně jsme připravili i slepý vzorek. Následně jsme připravené vzorky zvortexovali a odstředili na centrifuze.
- 2) Centrifugační mikrozkušavky a Pro260 ladder jsme umístili do ohřevného bloku vytemperovaného na 95 - 100 °C, kde jsme to ponechali po dobu 3-5 minut.
- 3) Když centrifugační mikrozkušavky vychladly, dali jsme je na 15 vteřin centrifugovat.
- 4) Přidali jsme 84 μ l deionizované vody do centrifugační mikrozkušavky a krátce jsme je zvortexovali. Potom jsme vzorky umístili na čip (naměřené hodnoty viz Tab. 7, kap. Přílohy)

b) Proces automatické čipové elektroforézy

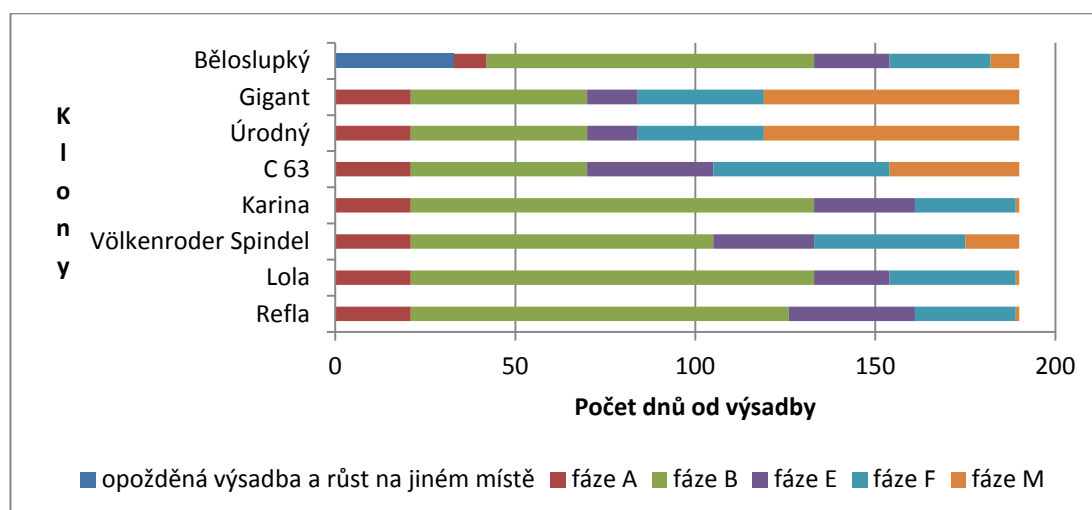
Automatická čipová elektroforéza probíhala na kitu Experion Pro260 Analysis Kit a na přístroji Experion™ podle postupu dodavatele Bio-Rad.

5. Výsledky

5.1 Hlavní růstové fáze

Od data výsadby 25. dubna do sklizně 31. října (189 dní) byly v týdenních intervalech sledovány základní biologické charakteristiky hodnocených genotypů a nástupy hlavních růstových fází. Ze záznamů o nástupu růstových fází topinamburu byl sestrojen graf (Graf 1), z kterého jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými klony. Klon Běloslupký se (v grafu) od ostatních odlišuje nejvíce, protože byl dosazen až 28. května (jako vzešlá rostlina) z důvodu nedostupnosti jeho sadby. Zbývajících 7 genotypů se začalo odlišovat až u fáze B. Klony Úrodný a Gigant z nich můžeme považovat za nejranější, vzhledem k jejich brzkému nástupu fází E až M (nástupy fází ve dnech od data výsadby: fáze E - 70 dní, fáze F - 84 dní, fáze M - 119 dní).

Graf 1: Průběh růstových fází topinamburu hlíznatého během vegetačního období



fáze A - počátek fáze (dále jen PF): klíčení hlíz pod zemí, ukončení fáze (dále jen UF): rozevření děložních listů

fáze B - PF: velikost listů do 5 cm, UF: vegetativní růst a velikost listů nad 5 cm

fáze E - PF: objevení základu poupěte na vrcholu (hvězdička), UF: velikost poupěte nad 8cm, zřetelné jazykové květy

fáze D - PF: poupě se mění v úbor, UF: závěr kvetení

fáze M - PF: zcela odkvetlý úbor, UF: odpadnutí jazykových květů (BÁRTA, VONDRYS, 2010)

Pozn.: Z důvodu dosud nezpracovaných vlastních růstových fází topinamburu hlíznatého, byly pro hodnocení vývoje topinamburů použity růstové fáze botanicky příbuzné slunečnice roční. Fáze M je v grafu vyznačena až do data sklizně.

5.2 Výnosové parametry

Sklizeň proběhla 31. října (ihned po prvních mrazech). Sklízely se hlízy 5 za sebou jdoucích rostlin z prostředního řádku v každém opakování. Hlízy z každého opakování byly spočítány a zváženy, aby se mohly vyhodnotit výnosové parametry (výnos, průměrný počet hlíz na rostlinu, průměrná hmotnost). (Tab. 8 - 14).

Tab. 8: Vybrané výnosové parametry u klonů topinamburu hlíznatého

Klon	Výnos (t/ha)	Průměrná hmotnost hlíz (g)	Průměrný počet hlíz (ks/rostlinu)
Refla	39,70	45,19	19,6
Lola	40,89	53,71	17,2
V. Spindel	38,22	34,73	24,3
Karina	37,63	52,51	16,3
C 63	33,48	55,63	13,6
Úrodný	44,74	73,59	13,7
Gigant	43,56	49,75	19,9

5.2.1 Výnos

Výnos hlíz jednotlivých klonů se pohyboval v rozmezí 33,4 - 44,8 t/ha (Tab. 8 - 10). Největších výnosů dosahovaly klony Úrodný (44,74 t/ha) a Gigant (43,56 t/ha). Naopak nejméně výnosný byl klon C 63 (33,48 t/ha).

Tab. 9: Hodnocení závislosti výnosu hlíz (t/ha) topinamburu hlíznatého na klonu

ANOVA - jednorozměrný test významnosti					
Efekt	Suma čísel	Stupeň volnosti	Průměrné číslo	F	p
Abs. člen	30963,81	1	30963,81	2950,291	0
Klon	258,01	6	43,00	4,097	0,015793
Chyba	136,44	13	10,50	-	-

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$) byla závislost, výnosu na klonu topinamburu, statisticky průkazná.

Tab. 10: Porovnání genotypů topinamburu hlíznatého dle výnosů

Fisherův test (LSD)						
Klon	Průměrný výnos (t/ha)	1	2	3	4	Celkem
Úrodný	44,74	A				A
Gigant	43,56	A	B			AB
Lola	40,89	A	B	C		ABC
Refla	39,70	A	B	C		ABC
V. Spindel	38,22		B	C	D	BCD
Karina	37,63			C	D	CD
C 63	33,48				D	D

Výnos genotypu C 63 (33,48 t/ha) byl statisticky nejvíce rozdílný oproti výnosu ostatních genotypů.

5.2.2 Počet hlíz na rostlinu

Největší průměrný počet hlíz na rostlinu produkoval genotyp Völkenroder Spindel (24,3). Na druhou stranu genotypy C 63 (13,6) a Úrodný (13,7) dosahovaly produkce nejmenšího množství hlíz (Tab. 8, 11, 12). Ačkoli měly klony Úrodný a C 63 srovnatelný počet hlíz na rostlinu, v tabulce výnosů zaujímaly opačné pozice. Zatímco Úrodný byl nejvýnosnějším klonem, tak klon C 63 byl z pohledu výnosu nejhorším, což znamená, že mezi nimi byly značné rozdíly v průměrné hmotnosti hlíz (Tab. 8, 13, 14).

Tab. 11: Hodnocení závislosti počtu hlíz na rostlinu topinamburu hlíznatého vzhledem ke klonům

ANOVA - jednorozměrný test významnosti					
Efekt	Suma čísel	Stupeň volnosti	Průměrné číslo	F	p
Abs. člen	6226,688	1	6226,688	1159,588	0
Klon	218,233	6	36,372	6,774	0,001987
Chyba	69,807	13	5,370	-	-

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$) byla závislost, počtu hlíz na rostlinu vztahovaná ke klonu topinamburu, statisticky průkazná.

Tab. 12: Porovnání genotypů topinamburu hlíznatého dle počtu hlíz na rostlinu

Fisherův test (LSD)					
Klon	Průměrný počet hlíz na rostlinu	1	2	3	Celkem
V. Spindel	24,3	A			A
Gigant	19,9	A	B		AB
Refla	19,7	A	B		AB
Lola	17,2		B	C	BC
Karina	16,3		B	C	BC
Úrodný	13,7			C	C
C 63	13,6			C	C

Statisticky nejodlišnějším genotypem topinamburu, vzhledem k ostatním genotypům, co se týče počtu hlíz na rostlinu, byl Völkenroder Spindel (24,3).

5.2.3 Hmotnost hlíz

Genotyp Úrodný (73,59 g) dosahoval jednoznačně největší průměrné hmotnosti hlízy ze všech 7 statisticky zpracovaných genotypů (2. v pořadí C 63 s průměrnou hmotností hlízy 55,63 g), na rozdíl od genotypu Völkenroder Spindel (34,73 g), jehož průměrná hmotnost hlízy byla nejmenší (Tab. 8, 13, 14).

Tab. 13: Hodnocení závislosti průměrné hmotnosti hlízy (g) topinamburu hlíznatého na klonu

ANOVA - jednorozměrný test významnosti					
Efekt	Suma čísel	Stupeň volnosti	Průměrné číslo	F	p
Abs. člen	57132,93	1	57132,93	3324,130	0
Klon	2495,28	6	415,88	24,197	0,000001
Chyba	240,62	14	17,19	-	-

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$) byla závislost, průměrná hmotnost hlízy na klonu topinamburu, statisticky průkazná.

Tab. 14: Porovnání genotypů topinamburu hlíznatého dle hmotnosti hlíz

Fisherův test (LSD)						
Klon	Průměrná hmotnost hlíz (g)	1	2	3	4	Celkem
Úrodný	73,59	A				A
C 63	55,63		B			B
Lola	53,71		B			B
Karina	52,51		B			B
Gigant	49,75		B	C		BC
Refla	45,19			C		C
V. Spindel	34,73				D	D

Genotypy Úrodný (73,59 g) a Völkenroder Spindel (34,73 g) měly největší statisticky průkazné rozdíly hmotnosti hlíz, v porovnání s ostatními genotypy.

5.3 Chemické parametry

Kromě výnosových prvků byly analyzovány i parametry chemického složení (obsah sušiny v hlízách, obsah bílkovin v sušině, proteinové složení, obsah N v sušině). Hodnocení těchto parametrů již bylo prováděno v laboratorních podmínkách. Získané výsledky byly zapsány do tabulek (Tab. 15 - 21), popř. zdokumentovány jiným způsobem (Obr. 6 - 9).

Tab. 15: Přehled vybraných chemických parametrů hlíz

Klon	Sušina (%)	Obsah bílkovin v sušině (%)	Obsah N v sušině (%)
Refla	19,80	6,13	0,76
Lola	18,85	5,83	0,68
V. Spindel	22,36	4,86	0,75
Karina	20,44	4,93	0,73
C 63	19,36	4,36	1,02
Úrodný	20,41	3,90	0,92
Gigant	21,01	5,30	0,87

5.3.1 Sušina

Obsah sušiny v hlízách se zjišťoval pomocí metody lyofilizace, její hodnoty se pohybovaly v rozpětí 18,8 - 22,4 %. Nejvyšší hodnoty parametru, obsah sušiny v hlízách, vykazoval klon Völkenroder Spindel (22,36 %), naopak klon Lola (18,85 %) obsahoval sušiny v hlízách nejméně (Tab. 8, 16, 17).

Tab. 16: Hodnocení závislosti obsahu sušiny hlíz (%) topinamburu hlíznatého na klonu

ANOVA - jednorozměrný test významnosti					
Efekt	Suma čísel	Stupeň volnosti	Průměrné číslo	F	p
Abs. člen	5779,008	1	5779,008	80987,10	0
Klon	16,035	6	2,672	37,45	0,000057
Chyba	0,499	7	0,071	-	-

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$) byla závislost, obsahu hlízové sušiny na klonu topinamburu, statisticky průkazná.

Tab. 17: Porovnání genotypů topinamburu hlíznatého dle obsahu sušiny v hlízách

Fisherův test (LSD)							
Klon	Průměrná obsahu sušiny (%)	1	2	3	4	5	Celkem
V. Spindel	22,36	A					A
Gigant	21,01		B				B
Karina	20,44		B				B
Úrodný	20,41		B	C			BC
Refla	19,80			C	D		CD
C 63	19,36				D	E	DE
Lola	18,85					E	E

Průměrná hodnota obsahu sušiny v hlíze topinamburu u genotypu Völkenroder Spindel (22,36 %) se statisticky nejvýznamněji odlišovala od obsahu sušiny u jiných genotypů.

5.3.2 Obsah bílkovin a dusíku v sušině

Při porovnání jednotlivých genotypů z pohledu obsahu bílkovin v sušině byly zjištěné značné rozdíly (Tab. 15, 18, 19). Genotyp s nejvyšším obsahem bílkovin v sušině Refla (6,13 %) a genotyp s nejnižším obsahem bílkovin Úrodný (3,90 %) se lišily o 2,23 % (tzn., obsah bílkovin v sušině hlíz byl u klonu Refla více jak 1,5 x vyšší než u klonu Úrodný).

Zjištěné hodnoty obsahu N (dusíku) v sušině se mezi jednotlivými genotypy pohybovaly v rozmezí 0,68 % (Lola) - 1,02 % (C 63), podrobněji v tabulkách č. 15, 20 a 21.

Tab. 18: Hodnocení závislosti obsahu bílkovin v hlíze (%) topinamburu hlíznatého na klonu

ANOVA - jednorozměrný test významnosti					
Efekt	Suma čísel	Stupeň volnosti	Průměrné číslo	F	p
Abs. člen	355,9249	1	355,9249	76075,54	0
Klon	7,3873	6	1,2312	263,16	0,0000001
Chyba	0,0327	7	0,0047	-	-

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$) byla závislost, obsahu bílkovin na klonu topinamburu, statisticky průkazná.

Tab. 19: Porovnání genotypů topinamburu hlíznatého dle obsahu bílkovin v hlízách

Fisherův test (LSD)								
Klon	Průměrný obsah bílkovin (%)	1	2	3	4	5	6	Celkem
Refla	6,13	A						A
Lola	5,83		B					B
Gigant	5,30			C				C
Karina	4,93				D			D
V. Spindel	4,86				D			D
C 63	4,36					E		E
Úrodný	3,90						F	F

Většina genotypů, mimo genotypy Karina a Völkenroder Spindel, byla, z pohledu obsahu bílkovin v sušině, navzájem statisticky rozdílná.

Tab. 20: Hodnocení závislosti obsahu N v sušině hlíz (%) na klonu topinamburu hlíznatého

ANOVA - jednorozměrný test významnosti					
Efekt	Suma čísel	Stupeň volnosti	Průměrné číslo	F	p
Abs. člen	14,10301	1	14,10301	7835,014	0
Klon	0,26768	6	1,2312	24,785	0,000001
Chyba	0,02520	14	0,00180	-	-

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$) byla zjištěna statisticky průkazná závislost obsahu N na klonu topinamburu.

Tab. 21: Porovnání genotypů topinamburu hlíznatého podle obsahu N v sušině hlíz

Fisherův test (LSD)						
Klon	Průměrná koncentrace proteinů (%)	1	2	3	4	Celkem
C 63	1,02	A				A
Úrodný	0,92		B			B
Gigant	0,87		B			B
Refla	0,76			C		C
V. Spindel	0,75			C	D	CD
Karina	0,73			C	D	CD
Lola	0,68				D	D

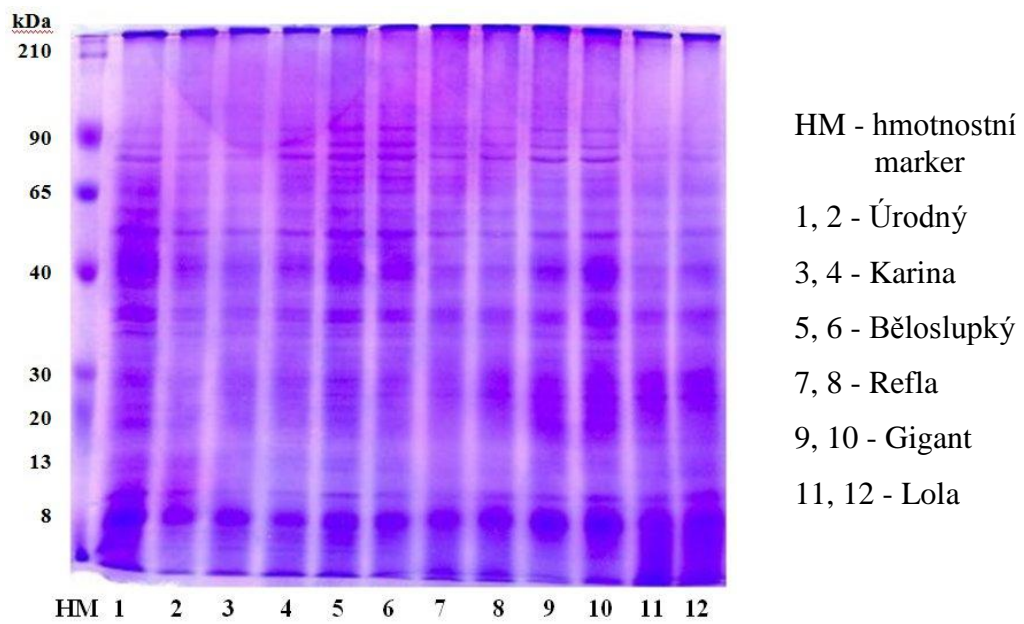
Z hlediska obsahu N v sušině se od ostatních nejvíce lišil genotyp C 63.

5.3.3 Proteinové složení

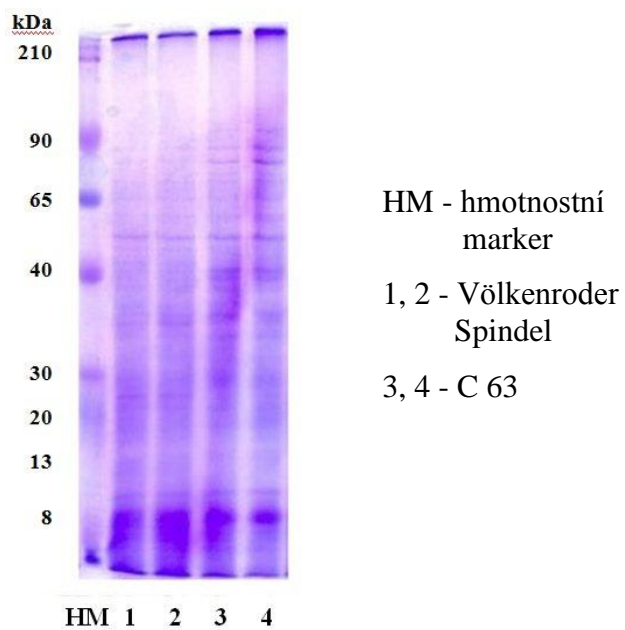
K analýze proteinového složení byly použity metody SDS-PAGE a automatická čipová elektroforéza. Výsledky SDS-PAGE byly hodnoceny vizuálně z gelu, oproti vyhodnocování čipové elektroforézy, u které byly výsledky analyzovány počítačem ve formě virtuálního gelu a hodnot molekulových hmotností proteinů.

SDS-PAGE

Při metodě SDS-PAGE byly na gel vyneseny vždy 2 opakování stejného klonu. Mezi jednotlivými genotypy nebyly v proteinovém složení výraznější rozdíly kvalitativní, ale spíše kvantitativní. Nejzřetelnější proteinové pruhy se vytvořily na přibližné úrovni 8, 35, 40, 50, 65, 80, 85, 90 kDa, zatímco v rozmezí 20 - 30 kDa proteinové pruhy, kvůli jejich velké hustotě, splývaly. Ze zmíněných proteinových pruhů byly nejsilnější ty, které vznikly na úrovni 8 a 40 kDa (tzn., že proteinů o molekulové hmotnosti 8 a 40 kDa bylo v sušině nejvíce). Gely z SDS-PAGE byly zdokumentovány (Obr. 6, 7).



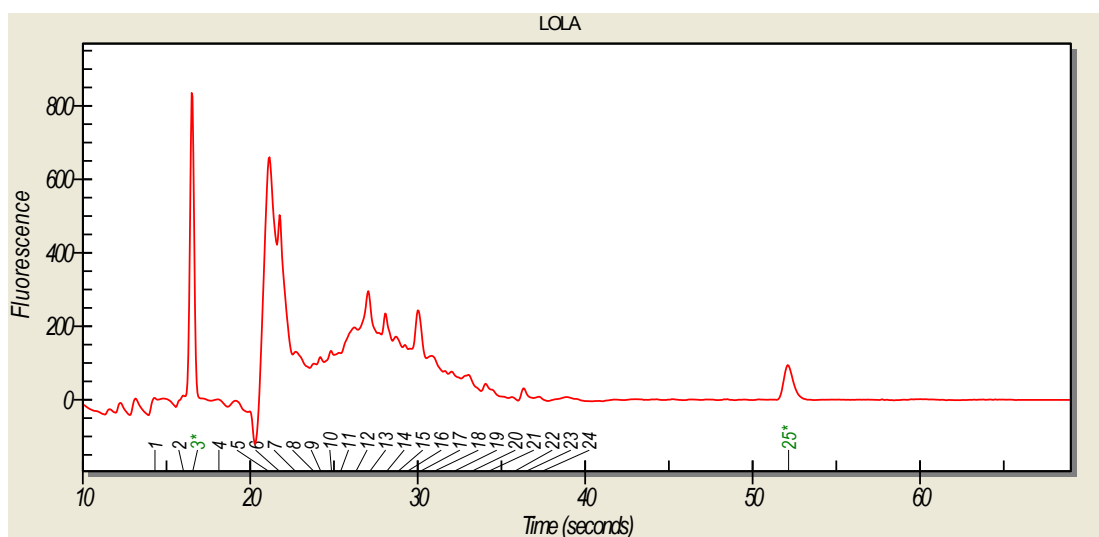
Obr. 6: SDS-PAGE gel č. 1



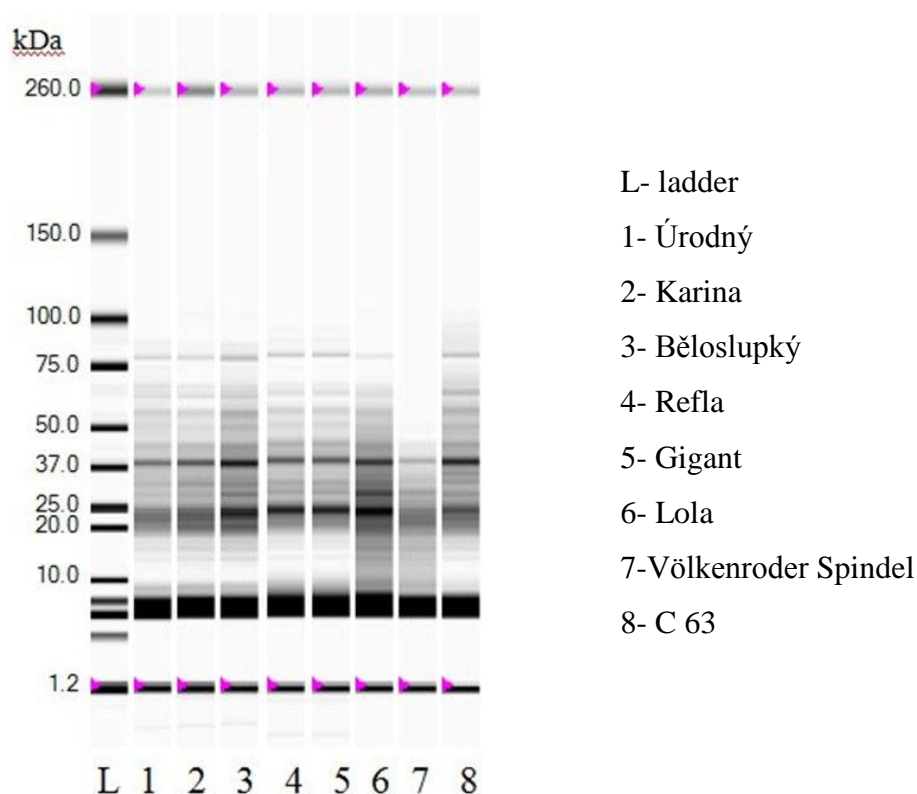
Obr. 7: SDS-PAGE gel č. 2

Automatická čipová elektroforéza

Pro hodnocení proteinového složení hlíz byla použita další metoda, tzv. automatická čipová elektroforéza. Průběhy automatické čipové elektroforézy jednotlivých klonů byly zaznamenány do grafů (Obr. 8), stejně tak byly počítačově zaznamenány i molekulární hmotnosti proteinů vyznačených na grafech píky (Tab. 7). Hodnocení automatické čipové elektroforézy probíhalo dle virtuálního gelu (Obr. 9), kde byly nejzřetelnější proteinové pruhy získány přibližně na úrovni 7, 25, 40, 80 kDa. Ze zesíleného proteinového pruhu na úrovni 7 kDa, bylo možné v sušině hlíz předpokládat velké množství nízkomolekulárních proteinů. Nejvíce se z porovnávaných klonů liší Völkenroder Spindel, u něhož nebyly na virtuálním gelu detekovány vysokomolekulární látky od 50 kDa, což bylo nejspíše způsobeno jejich malou koncentrací. Stejně jako u SDS-PAGE se klony od sebe liší v podstatě jen kvantitou jednotlivých proteinů. Co se týče porovnání výsledků u metody SDS-PAGE a automatické čipové elektroforézy, tak u obou metod se dosáhlo téměř shodných výsledků.



Obr. 8: Ukázka průběhu automatické čipové elektroforézy (klon Lola)



Obr. 9: Virtuální gel z automatické čipové elektroforézy

5.4 Korelace jednotlivých parametrů

Mezi všemi dílčími parametry (výnosovými a chemickými) byly porovnány jejich vzájemné vztahy (Tab. 22). Statisticky průkazné ovlivnění parametrů mezi sebou vykazovaly jen parametry hmotnost hlíz s počtem hlíz a obsahem bílkovin, obsah bílkovin s obsahem N. Vztahy těchto parametrů byly následující: hmotnost hlíz z 84 % nepřímo úměrně korelovala s počtem hlíz (tzn., čím byl větší počet hlíz na rostlinu, tím menší měly hlízy hmotnost) a z 65 % nepřímo úměrně korelovala s obsahem bílkovin v sušině (tzn., čím větší měly hlízy hmotnost, tím méně obsahovaly bílkovin v sušině). Mezi obsahem bílkovin a obsahem N v sušině platila rovněž nepřímo úměrná korelace (z 69 %) neboli, čím více bílkovin bylo obsaženo v sušině hlíz, tím méně v nich bylo obsaženo dusíku.

Tab. 22: Vzájemný vztah jednotlivých parametrů

Parametr		Výnos	Obsah sušiny	Počet hlíz na rostl.	Hmotnost hlíz	Obsah proteinů	Obsah dusíku (N)
Výnos	R	1,0000	0,1384	0,3675	0,1369	0,1119	- 0,0860
	p	-	0,6520	0,2170	0,6560	0,7160	0,7800
Obsah sušiny	R	0,1384	1,0000	0,5217	- 0,3309	- 0,2528	0,1512
	p	0,6520	-	0,0670	0,2690	0,4050	0,6220
Počet hlíz na rostlinu	R	0,3675	0,5217	1,0000	- 0,8404	0,5239	- 0,3841
	p	0,2170	0,0670	-	0,0001	0,0660	0,1950
Hmotnost hlíz	R	0,1369	- 0,3309	- 0,8404	1,0000	- 0,6478	- 0,0860
	p	0,6560	0,2690	0,0001	-	0,0170	0,7800
Obsah proteinů	R	0,1119	- 0,2528	0,5239	- 0,6478	1,0000	- 0,6908
	p	0,7160	0,4050	0,0660	0,0170	-	0,0090
Obsah dusíku (N)	R	- 0,0860	0,1512	- 0,3841	- 0,0860	- 0,6908	1,0000
	p	0,7800	0,6220	0,1950	0,7800	0,0090	-

6. Diskuse

K nejranějším genotypům (z 8 použitých genotypů v našem pokusu) patří genotypy Gigant, Úrodný a C 63, kde genotypy Gigant a Úrodný kvetou o něco dříve než genotyp C 63 (poupě se u všech 3 genotypů objevilo již v 70. dnu od výsadby, ale u genotypů Gigant a Úrodný se objevil úbor již 84. den od výsadby, zatímco u genotypu C 63 o 3 týdny později). Ke stejnému závěru dospěli i Kasal et al. (2013).

Z pohledu výnosnosti se jako nejlepší pro pěstování jeví klony Úrodný (44,74 t/ha) a Gigant (43,56 t/ha), jejichž výnosnost mohla ovlivnit jejich časná ranost (Graf 1), zatímco nejméně výnosným klonem je C 63 (33,48 t/ha). Dle Kasala et al. (2013) jsou za nejvýnosnější klony považovány Úrodný (47,9 t/ha), Völkenroder Spindel (45,0 t/ha) a Gigant (44,6 t/ha), naopak klon C 63 (34,9 t/ha) dosahuje nejnižšího výnosu, stejně jako u našeho pokusu. Rozdíl výnosu klonu Völkenroder Spindel dle Kasala et al. (2013) a našeho pokusu může být způsoben tím, že hodnoty výnosu získané Kasalem et al. (2013) jsou vyprůměrovány za období 5 let (2008 - 2012), kdežto naše data se týkají pouze roku 2012. Svou roli hraje i fakt, že jsme sbírali jen reprezentativní část hlíz, takže výnos byl určen jen odhadem.

Většina klonů v našem pokusu vykazuje menší hodnoty výnosu než u stejných klonů v pokusu provedeném Kasalem et al. (2013), což může být zapříčiněno jednak již zmíněnou odlišně dlouhou dobou sběru dat o výnosu a jednak hnojením, jelikož během našeho pokusu se nepoužila žádná hnojiva, na rozdíl od pěstování topinamburů podle Kasala et al. (2013), kdy na pole hnojiva aplikována byla. Mezi důležité faktory ovlivňující výnos se též řadí počasí, lokalita polního pokusu (naš pokus - obilnářská výrobní oblast, nadmořská výška lokality 395 m; pokus Kasala et al. - bramborářská výrobní oblast, nadmořská výška lokality 460 m), složení a typ půdy.

Největšího počtu hlíz na jednu rostlinu dosahuje genotyp Völkenroder Spindel (průměr 24,3), ale zároveň má tento genotyp nejmenší průměrnou hmotnost jednotlivých hlíz (34,73 g), tento vztah potvrzuje nepřímo úměrná korelace mezi počtem hlíz na rostlinu a hmotností hlíz ($R = -0,84$). Genotyp C 63 (13,6) produkuje nejmenší množství hlíz.

Obsah sušiny se u vybraných 7 klonů pohybuje v rozmezí 18,8 - 22,4 %. Nejvíce sušiny obsahují hlízy klonů Völkenroder Spindel (22,36 %) a Gigant (21,01 %), oproti tomu hlízy klonů Lola (18,85 %) a C 63 (19,36 %)

obsahují sušiny nejméně. Podobné výsledky (až na klon Lola) jsou zmíněny i ve studii Kasala et al. (2013), kde je uvedeno, že nejvíce sušiny je obsaženo v hlízách klonu Gigant (23,0 %) a Völkenroder Spindel (22,6 %), zatímco u klonů C 63 (20,3 %) a Úrodný (20,8 %) nabývá procentuální zastoupení sušiny v hlízách nejmenších hodnot. Vzniklé odlišnosti mezi výsledky obsahu sušiny v hlízách u našeho pokusu a výzkumu Kasala et al. (2013) jsou patrně nejvíce ovlivněné počasím v dané lokalitě a rozmezím sběru dat o tomto parametru v rozmezí 5 let.

Co se týče proteinového složení hlíz (zjištěné proteiny o přibližných molekulových hmotnostech 8, 20 - 30, 35, 40, 50, 65, 80, 85 a 90 kDa), tak se sice jednotlivé genotypy mezi sebou výrazněji neliší (jen kvantitativně), avšak jsou prokázány rozdíly obsahů bílkovin a N v sušině hlíz. Nejbohatším genotypem na bílkoviny je Refla (6,13 %), zatímco Úrodný (3,90 %) je bílkovinně nejchudší. Platí, že čím menší hmotnost mají hlízy dané odrůdy, tím má odrůda větší obsah bílkovin v sušině ($R = - 0,65$).

Hodnoty analyzovaného obsahu N v sušině hlíz hodnocených klonů se pohybují v rozmezí 0,68 % (Lola) - 1,02 % (C 63). Obsah N je nepřímo úměrný obsahu bílkovin ($R = - 0,69$), tedy čím je v hlízách obsaženo většího množství bílkovin, tím méně je tam obsaženo N. Tato korelace může být ovlivněna dosud nedostatečně analyzovaným obsahem nebílkovinných dusíkatých látek v hlízách topinamburu.

7. Závěr

Na základě dosažených výsledků jednoletého pokusu uskutečněného v roce 2012 na školním pozemku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích můžeme vyvodit následující závěry:

- 1) Vzhledem ke zmapovanému nástupu jednotlivých růstových fází byly klony Úrodný a Gigant shledány jako nejranější z porovnávaných klonů.
- 2) Velmi vysokého výnosu bylo dosaženo u genotypu Úrodný (44,74 t/ha) a Gigant (43,56 t/ha), a proto bychom je mohli považovat za nejvýnosnější. Naopak nejméně výnosný byl genotyp C 63 (33,48 t/ha).
- 3) Nejvíce hlíz (o to menších) produkoval klon Völkenroder Spindel (průměrný počet hlíz na rostlinu 24,3; průměrná hmotnost hlízy 34,73 g). Na druhé straně nejméně hlíz (o to větších) produkoval klon C 63 (13,6; 55,63 g).
- 4) Největší průměrné hmotnosti hlízy bylo dosaženo u genotypu Úrodný, který s hodnotou 73,59 g vysoko převyšoval všechny ostatní genotypy (2. v pořadí C 63; 55,63 g)
- 5) U 7 statisticky zpracovaných klonů (všechny, kromě klonu Běloslupký) se obsah sušiny pohyboval v rozmezí 18,8 - 22,4 %. Z výsledků vyplynulo, že nejvíce sušiny obsahují hlízy klonů Völkenroder Spindel (22,36 %) a Gigant (21,01 %), zatímco klony Lola (18,85 %) a C 63 (19,36 %) obsahují sušiny nejméně.
- 6) Pomocí spektrofotometrie byly analyzovány obsahy bílkovin v sušině hlíz u jednotlivých genotypů, kde nejvyšší hodnoty bylo dosaženo u genotypu Refla (6,13 %), zatímco nejnižší u genotypu Úrodný (3,90 %). Obsah N v sušině hlíz se pohyboval v rozmezí 0,68 % (Lola) - 1,02 % (C 63).
- 7) Za použití metod SDS-PAGE a automatické čipové elektroforézy nebyly zjištěny výraznější rozdíly v proteinovém složení mezi danými klony, ale pouze v kvantitě proteinů. Zjištěné proteiny měly tyto přibližné molekulové hmotnosti 8, 20 - 30, 35, 40, 50, 65, 80, 85 a 90 kDa.

Pro statisticky průkaznější výsledky by bylo vhodné udělat několik dalších ročních opakování.

8. Přehled použité literatury

Abozed, S. S., Abdelrashid, A., El-Kalyoubi, M., Hamad, K. I. (2009): Production of inulin and high-fructose syrup from Jerusalem artichoke tuber (*Helianthus tuberosus* L.). *Annals of Agricultural Science (Cairo)* 54 (2), p. 417-423.

Bárta, J., Diviš, J. (2008): Topinambur. In: Prugar J. et al. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., Praha, 327 s.

Bárta, J., Bártová, V., Diviš, J., Peterka, J. (2011): Topinambur hlíznatý. In: Moudrý J. et al. Alternativní plodiny. ProfiPress, Praha, 142 s.

Bárta, J., Vondryš, J. (2010): Slunečnice roční. In: Diviš J. et al. Pěstování rostlin (učební texty pro obor provozní podnikatel a pozemkové úpravy). Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2. vydání, České Budějovice, 162-168 s.

Čepl, J., Vacek, J., Bouma, J. (1997): Technologie pěstování a užití topinamburu. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 20 s., ISBN 80-86153-08-8.

Denoroy, P. (1996): The crop fysiology of *Helianthus tuberosus* L.: A model orientated view. *Biomass and Bioenergy* 11 (1), p. 11-32.

Hamouz, K., Lachman, J. (2010): Topinambur hlíznatý – *Helianthus tuberosus* L. In: Fernández, C. E., Viehmannová, I., Lachman, J., Hamouz, K., Pulkrábek, J., Brunerová, L. (ed.): Netradiční plodiny pro diabetiky. Grada Publishing, s. 29 – 49.

Hrbek, J. (2005): Myslivecké využití topinamburu. *Myslivost* 53 (81), Moraviapress, Břeclav s. 22.

Kasal, P., Čepl, J., Čížek, M. (2013): Metodika pro výběr optimálních technologických postupů pěstování topinamburu s důrazem na užitkový směr pěstování. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o., Havlíčkův Brod, 21 s., ISBN 978-80-86940-45-8.

Kocsis, L., Liebhard, P., Praznik, W. (2007): Effect of seasonal changes on content and profile of soluble carbohydrates in tubers of different varieties of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Journal of Agricultural & Food Chemistry 55(23), p. 9401-9408.

Lee, E. H., Kang, S. M. (2009): Effects of Diet Food Containing Jerusalem Artichoke's Inulin, Lotus Leaf, and Herb on Weight and Body Fat of Obesity University Students. Journal of Applied Biological Chemistry 52(1), p. 8-14.

Lelio, H., Reborá, C., Gomez, L. (2009): Ethanol potential production from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) irrigated with urban waste water. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo 41 (1), p. 123-133.

Martin, J. H., Waldren, R. P., Stamp, D. L. (2002): Principles of Field Crop Production. Pearson Prentice Hall, New Jersey (4. ed.), p. 954.

McLaurin, W. J., Somda, Z. C., Kays, S. J. (1999): Jerusalem Artichoke growth, development, and field storage. I. Numerical assessment of plant part development and dry matter acquisition and allocation. Journal of Plant Nutrition 22 (8): p. 1303-1313.

Minx, L., Diviš, J. et al. (1994): Rostlinná výroba – III (Okopaniny). Skriptum. VŠZ Praha, s. 153.

Puangbut, D., Jogloy, S., Vorasoot, N., Srijaranai, S., Kesmala, T., Holbrook, C. C., Patanothai, A. (2012): Influence of planting date and temperature on inulin content in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Australian Journal of Crop Science 6 (7), p. 1159-1165.

Rodrigues, M. A., Sousa, L., Cabanas, J. E., Arrobas, M. (2007): Tuber yield and leaf mineral composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) grown under different cropping practices. Spanish Journal of Agricultural Research 5(4), p. 545-553.

Seiler, G. J., Campbell, L. G. (2006): Genetic variability for mineral concentration in the forage of Jerusalem artichoke cultivars. Euphytica 150(1-2), p. 281-288.

Somda, Z. C., McLaurin, W. J., Kays, S. J. (1999): Jerusalem Artichoke growth, development, and field storage. II. Carbon and nutrient element allocation a redistribution. *Journal of Plant Nutrition* 22 (8): p. 1315-1334.

Takeuchi, J., Nagashima, T. (2011): Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers and analysis of their functional properties. *FOOD CHEMISTRY* 126 (3), p. 922-926.

Terzic, S., Dedic, B., Atlagic, J., Miklic, V. (2011): Resistance of topinambour (*Helianthus tuberosus* L.) to sunflower stem canker in field conditions. *Ratarstvo i Povrtarstvo* 48 (1), p. 161-166.

Yildiz, G., Sacakli, P., Gungor, T. (2006): The effect of dietary Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) on performance, egg quality characteristics and egg cholesterol content in laying hens. *Czech Journal of Animal. Science* 51(8), p. 349-354.

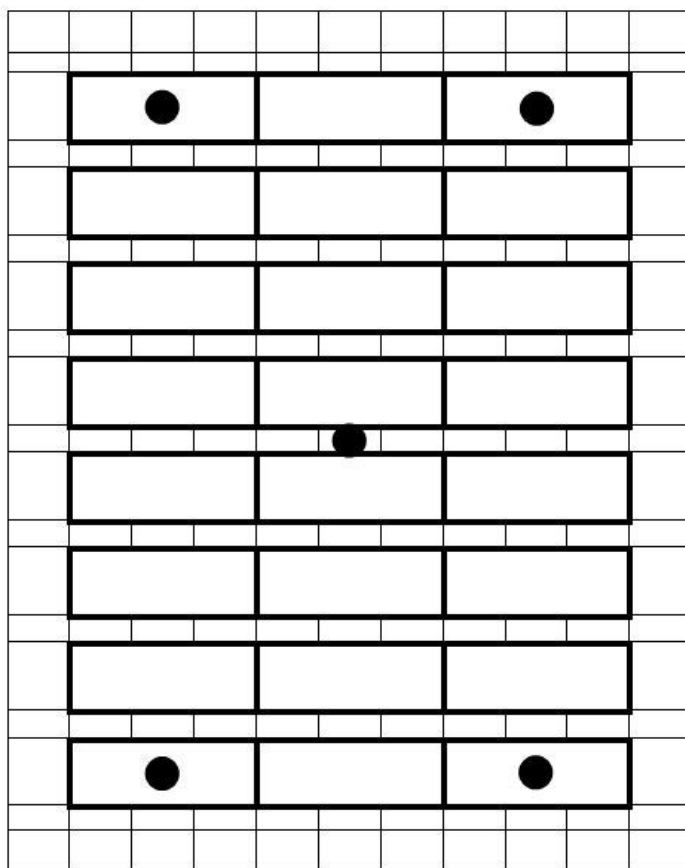
9. Přílohy

Obrázky

0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
											0,75
											1
											1
	Völkenroder Spindel 1			Úrodný 2			Gigant 3				3
											1
	Lola 1			C 63 2			Karina 3				3
											1
	Gigant 1			Běloslupký 2			Refla 3				3
											1
	Karina 1			Völkenroder Spindel 2			Úrodný 3				3
											1
	Refla 1			Lola 2			C 63 3				3
											1
	Úrodný 1			Gigant 2			Běloslupký 3				3
											1
	C 63 1			Karina 2			Völkenroder Spindel 3				3
											1
	Běloslupký 1			Refla 2			Lola 3				3
											1
											1

Obr. 3: Schéma výsadby topinamburů

Pozn.: Rozměry jsou udány v metrech.



Obr. 4: Vyznačení sond pro odběr půdy

Tabulky

Tab. 3: Analýza vzorku půdy

Ukazatel	Výsledek	Jenotka	Odchylka
Sušina	85,8	%	±15 %
pH (CaCl ₂)	6,65	-	±0,10 ²⁾
pH (KCl)	6,77	-	±0,10 ²⁾
Fosfor dle Mehlicha III (P) ¹⁾	91	mg/kg	±20 %
Draslík dle Mehlicha III (K) ¹⁾	144	mg/kg	±20 %
Hořčík dle Mehlicha III (Mg) ¹⁾	125	mg/kg	±15 %
Vápník dle Mehlicha III (Ca) ¹⁾	1506	mg/kg	±20 %
KVK ¹⁾	89	mmol chem. ekv./kg	-

Pozn.: KVK - Kationtová výměnná kapacita, 1) údaj ve 100 % sušině, 2) údaj v jednotkách pH

Rozbor půdy provedla firma AGRO-LA, spol. s r. o., Jindřichův Hradec.

Tab. 5: Zdrojová data pro kalibrační křivku a koncentrace proteinů v sušině hlíz

Klon	Navážka (mg)	Absorbance	Koncentrace (µg/ml)	Koncentrace v sušině hlíz (%)
Úrodný	59,9	0,593	468	3,91
Úrodný	51,7	0,526	401	3,88
Karina	62,7	0,743	618	4,93
Karina	47,4	0,584	459	4,84
Běloslupký	48,0	0,650	525	5,47
Běloslupký	58,4	0,758	633	5,42
Refla	55,1	0,812	687	6,23
Refla	54,4	0,780	655	6,02
Gigant	51,3	0,663	538	5,24
Gigant	61,5	0,784	659	5,36
Lola	51,1	0,718	593	5,80
Lola	63,4	0,868	743	5,86
V.Spindel	51,8	0,626	501	4,84
V.Spindel	47,5	0,589	464	4,88
C 63	50,8	0,566	441	4,34
C 63	58,7	0,638	513	4,37

Tab. 6: Složení SDS-PAGE gelů

Komponenty	Separální gel (10%)	Zaostřovací gel (3,75%)
H ₂ O	42 ml	12,15 ml
AC/BIS	26,6 ml	2,50 ml
Pufr A	10 ml	-
Pufr B	-	5 ml
SDS	800 µl	200 µl
Siřičitan sodný	60 µl	20 µl
Persíran amonný	400 µl	150 µl
TEMED	40 µl	20 µl

Pozn.: AC/BIS – Akrylamid (30 %)/ bisakrylamidy, (37,5:1)

Pufr A: 36,3 g Tris-HCl/100 ml, pH= 8,8

Pufr B: 6 g Tris-HCl/100 ml, pH= 6,8

SDS(dodecyl sulfát sodný):10 % roztok

Na₂SO₃: nasycený vodní roztok

(NH₄)₂S₂O₈: 15 % roztok, (0,75 g síranu amonného + 5 ml H₂O)

TEMED: tetramethylethylendiamin

Tab. 7: Molekulové hmotnosti proteinů vyznačených píky při čipové elektroforéze
(u jednotlivých genotypů)

	Genotyp							
	Úrodný	Karina	Běloslupký	Refla	Gigant	Lola	Völk. Spindel	C 63
Mol. hmotnost (kDa)	12,32	11,38	11,38	14,00	14,00	12,63	11,34	12,52
	13,59	12,47	12,78	16,14	16,14	13,88	12,60	13,82
	15,81	13,88	13,87	17,68	17,68	15,91	13,87	16,09
	17,23	15,91	15,89	21,34	21,34	17,63	15,93	17,54
	20,92	17,32	17,44	24,45	24,45	20,77	17,51	21,00
	22,53	20,57	20,70	29,49	29,49	24,15	21,27	22,65
	23,94	22,76	24,06	32,53	32,53	28,99	23,08	24,50
	28,81	23,95	28,85	35,57	35,57	32,33	29,46	28,85
	32,20	28,99	31,93	39,82	39,82	34,96	33,08	32,81
	38,64	32,09	38,73	44,48	44,48	38,96	39,61	35,53
	43,73	38,70	43,45	51,49	51,49	43,45	51,36	39,20
	50,84	43,72	50,33	64,63	64,63	50,06	57,98	44,40
	57,14	47,68	54,88	67,52	67,52	57,26	64,60	48,50
	60,45	50,39	56,50	81,83	81,83	64,12	67,90	50,85
	63,77	63,79	63,64	90,04	90,04	74,91	76,08	57,96
	67,08	67,06	66,57	-	-	80,74	81,59	64,74
	74,70	74,58	75,01	-	-	89,11	-	68,12
	80,13	80,32	80,00	-	-	-	-	81,81
87,77	87,86	87,48	-	-	-	-	89,18	

Genotypům Refla a Gigant byly naměřeny stejné molekulární hmotnosti proteinů.