

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**BRNO 2015    Bc. ANDREA NATALY SALAZAR MOLINA**



**Možnosti ovlivnění technologické kvality cukrovky  
při uplatnění pomocných látek**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*

Prof. Dr. Ing. Luděk Hřivna

*Vypracovala:*

Bc. Andrea Nataly Salazar Molina

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:

**Možnosti ovlivnění technologické kvality cukrovky při uplatnění pomocných látek** vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:

.....  
podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji prof. Ing. Dr. Ludřku Hřivnovi za odborné vedení, cenné připomínky, trpělivost a pomoc při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Yvoně Dostálové, Ing. Lence Machálkové a Ing. Marii Janečkové za pomoc při vykonávání diplomové práce.

## **ABSTRAKT**

V diplomové práci na téma „Možnosti ovlivnění technologické kvality cukrovky při uplatnění pomocných látek“ je popsána problematika pěstování cukrové řepy a výroba cukru. Konkrétně jsou popsány jednotlivé agrotechnické faktory ovlivňující kvalitu cukrové řepy. Dále jsou v práci uvedeny možnosti uplatnění různých druhů listových hnojiv, růstových látek, elicitorů a pomocných přípravků, které ovlivňují výnos a kvalitu cukrovky.

V praktické části jsou popsány výsledky vlivu aplikace pomocného přípravku NanoFYT Si<sup>®</sup> a listového hnojiva K-Gel 175 na růst, tvorbu výnosu a kvality cukrovky v průběhu vegetace. Vyhodnoceny jsou výnosové charakteristiky, stanovena je digesce, obsah škodlivého dusíku a také vypočítána produkce cukru z hektaru.

**Klíčová slova:** Cukrová řepa, NanoFyt Si, K-Gel 175, foliární aplikace, výnos a kvalita

## **ABSTRACT**

In diploma thesis called „Possibilities of affecting the technological quality of sugar beet by application of supplementary substances“ is dealt with the sugar beet cultivation problems and sugar production. Above all, the individual agrotechnical factors affecting the quality of sugar beet are described. Furthermore, various possibilities of application of different kinds of foliar fertilisers, growth substances, elicitors and supplementary preparations that affect the yield and quality of sugar beet are mentioned.

In the practical part are discussed the results of the use of the preparation NanoFYT Si<sup>®</sup> and the foliar fertiliser K-Gel 175 on the growth, yield and quality of sugar beet during the vegetation period. The yield characteristics are evaluated, digestion and content of alpha amino nitrogen determined and sugar production per hectare calculated.

**Key words:** sugar beet, NanoFyt Si, K-Gel 175, foliar application, yield and quality

## **OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE.....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED .....</b>	<b>11</b>
3.1	Biologická charakteristika .....	11
3.1.1	Morfologie řepy.....	11
3.1.2	Anatomická stavba cukrovky .....	12
3.1.3	Chemické složení cukrovky .....	13
3.1.4	Růst a vývoj cukrovky.....	16
3.2	Faktory ovlivňující výnos a kvalitu cukrové řepy .....	16
3.2.1	Odrůdy cukrovky.....	17
3.2.2	Zařazení v osevním postupu .....	18
3.2.3	Vliv půdních podmínek a zpracování půdy.....	18
3.2.4	Úprava pH půdy a vápnění .....	19
3.2.5	Vliv výživy .....	19
3.2.5.1	Hnojení organickými hnojivy .....	20
3.2.5.2	Hnojení minerálními hnojivy .....	21
3.2.5.3	Hnojení stopovými prvky .....	27
3.2.5.4	Mimokořenová výživa cukrové řepy.....	30
3.2.6	Uplatnění biologicky aktivních látek.....	31
3.2.6.1	Auxiny .....	31
3.2.6.2	Cytokininy .....	33
3.2.6.3	Elicitory .....	35
3.3	Technologická jakost cukrovky .....	40
3.3.1	Hlavní ukazatele technologické jakosti .....	40
<b>4</b>	<b>MATERIÁL A METODY .....</b>	<b>44</b>
4.1	Materiál .....	44

4.2	Charakteristika pozemku a agrotechnické údaje.....	45
4.3	Odběry a analýzy.....	47
4.4	Zpracování výsledků .....	48
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE.....</b>	<b>49</b>
5.1	Vegetační pozorování, hodnocení dynamiky růstu bulev a změny kvality cukrovky .....	49
5.2	Vyhodnocení výnosu bulev a jejich kvality.....	53
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>67</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>68</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>69</b>

# 1 ÚVOD

Cukry, známé též pod pojmem sacharidy, se vyskytují v ovoci, medu (fruktóza), mléku (laktóza) a obilných zrnech (maltóza). Sacharóza, obsažená v cukrovce, je průmyslově získávána jako bílý krystalický cukr. Na trhu existuje již téměř 200 let jako významné sladidlo. Přidává se do různých potravinářských výrobků či při přípravě pokrmů k zlepšení chuti, textury nebo k prodloužení trvanlivosti (KONKA, GRAFKA, 2010).

Cukrovka se pěstovala již v letech 200–1500 let před n. l. v antickém Řecku a Římě, odkud se dále šířila do severozápadní Evropy. Křížením vznikaly formy, které se nejdříve využívaly jako listová zelenina a také jako krmná řepa. Na počátku 17. století objevil sladkost řepné šťávy jako první Oliver Serres. Německý lékárník Margraf v roce 1747 prokázal, že bílá řepa obsahuje cukr, který je podobný jako cukr třtinový. Jeho žák Achard začal cukr z řepy již vyrábět a zároveň vypracoval základy šlechtitelských a pěstitelských postupů. V Čechách se cukrovka začala pěstovat od počátku 19. století (JÚZL, ELZNER, 2014).

Výroba cukru ve světě podle posledních odhadů dosáhne v hospodářském roce 2013/14 hodnoty 166,5 mil. t bílého cukru (181,0 mil. tun v hodnotě cukru surového), tedy pokles po pěti rocích růstu. Poslední odhady hovoří o zhruba 24,5 kg cukru na obyvatele Planety, přičemž nadále na prvním místě zůstávají obyvatelé jižní Ameriky, na opačném konci pak obyvatelé Afriky a trochu překvapivě Asie, která patří mezi významné produkční regiony. Evropa si nadále udržuje hladinu okolo 38 kg. Výroba cukru v Evropě ve srovnání s předchozím obdobím poměrně citelně klesnula na 26,4 mil. t (FRONĚK ET AL., 2014).

Evropská unie je jedním z největších producentů cukru na světě, druhým největším spotřebitelem a jedním ze tří největších dovozců. Mezi pět největších světových vývozců cukru patřily v roce 2008 Brazílie, Thajsko, Indie, Austrálie a Guatemala, které představovaly téměř 90 % čistého světového exportu. Pěstování řepy a výroba cukru v Evropské unii dnes tvoří moderní a vysoce výkonné průmyslové odvětví, které evropským spotřebitelům zajišťuje dostatek důležitého produktu – cukru. Za posledních 200 let neustále zdokonalovalo své výrobní technologie a kvalitu vyráběných produktů v souladu s očekáváními zákazníků. Pěstitelé s výrobcí cukru v EU zajišťují, aby tamější spotřebitelé dostávali kvalitní a cenově přiměřené potraviny, vyrobené v souladu



s přísnými normami EU na ochranu životního prostředí, kvalitu a sociální standardy (RIBERA ET AL., 2011).

Moderní pěstitelské technologie i řada základních principů a postupů výroby cukru jsou českého původu a jsou na srovnatelné úrovni nejvyspělejších zemí EU. Současná plocha pěstované cukrové řepy se pohybuje v rozmezí 40 – 60 tis. ha, včetně využití pro výrobu kvasného lihu. Výroba cukru je realizována v 7 cukrovarech, ve kterých se za rok vyrobí asi 380 000 tun bílého cukru. Výrobní kvóta EU stanovená pro Českou republiku je 372 459 tun (JŮZL, ELZNER, 2014).

Řepná kampaň 2013/2014 byla charakterizována vysokou technologickou kvalitou zpracovávané řepy. Cukrové řepy bylo na cukr zpracováno celkem 3 308 496 t skutečné hmotnosti (3,637 mil. t v přepočteném stavu) z plochy 52 691 ha. Hektarový výnos bulev vzhledem k průběhu vegetace nepřekvapil sníženým výsledkem 62,79 t/ha (přepočtených 69,03 t/ha). Kromě cukrové řepy určené k výrobě cukru bylo zpracováno 632 624 t standardní jakosti k výrobě kvasného lihu. Cukernatost řepy stoupala po celou dobu kampaně až na konečný průměr 17,59 % (FRONĚK ET AL., 2014).

Cukrovka je plodinou na živiny velmi náročnou. V průměru odčerpá na 1 t bulev 4,4 kg N, 5,6 kg K, 2 kg Ca, 0,9 kg Na, 0,8 kg Mg a 0,7 kg P. Rozhodující je výběr stanoviště pro její pěstování. Vyžaduje půdy středně těžké, hluboké, s neutrální až slabě alkalickou půdní reakcí (pH 6,3–7,4). Řízená výživa pak ovlivňuje především výnos bulev, do kterého se promítá i poměr mezi hmotnostmi bulev a chrástu, obsah cukru a další technologické parametry (HŘIVNA ET AL., 2014).

Racionální výživa může významným způsobem promluvit do procesu tvorby výnosu i do kvality produktu. Rostliny přijímají rostliny zpravidla povrchem kořenů a částečně povrchem listu. Mimokořenová výživa je významným prostředkem pro úpravu výživného stavu rostlin během vegetace. Svůj význam má především při aplikaci mikroživin (HŘIVNA, CERKAL, 2009).

Základem výživy je hnojení organické, kde klíčovou roli hraje chlévský hnůj, který nelze ničím jiným nahradit pro jeho obsah živin, humusotvorných látek, hormonů, růstových látek a dalších látek nutných pro výživu půdní mikroflóry a mikrofauny (HŘIVNA, PECHKOVÁ, 2013). Tato práce se zabývá aplikací hnojiv, růstových látek, nanopřípravků, elicitorů, které mají vliv na kvalitu cukrové řepy.

## 2 CÍL PRÁCE

Diplomová práce na téma „Možnosti ovlivnění technologické kvality cukrovky při uplatnění pomocných látek“ vycházela z následujících cílů:

1. Připravit literární rešerši k problematice využití pomocných látek v agrotechnice cukrovky.
2. Založit maloparcelní polní pokus ve kterém bude ověřován vliv aplikace vybraných účinných látek, speciálních hnojiv, růstových látek, nanopřípravků, elicitorů a jejich kombinací, na výnos bulev, polarizačního cukru a rafinády z hektaru.
3. Během vegetace provádět vegetační pozorování, sledovat dynamiku změn růstu plodiny, zaměřit se na případné změny výnosotvorných prvků a kvalitativních parametrů.
4. Účastnit se sklizně pokusů, odebrat vzorky produktu a provést analýzy jejich technologické kvality. U vzorků cukrovky bude stanoven obsah cukru, alfa aminodusíku a rozpustného popela.
5. Vyhodnotit dosažené výsledky dostupnými statistickými metodami, vypracovat diplomovou práci.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Biologická charakteristika

**Cukrovka** (*Beta vulgaris* L. conv. [ssp.] *altissima* Doll. var. *saccharifera* Alef.).  
Čeleď: *merlíkovité* (Chenopodiaceae).

Cukrovka výhodně spojuje nejvýznamnější biologické vlastnosti dvou přímých předků, ze kterých vznikla, a to řepy cvikly a řepy krmné. V obou uvedených druzích, a tudíž i v cukrovce se promítají vlastnosti jejich planých předků, kterými byla řepa přímořská a (*Beta maritima* L.) a řepa vytrvalá (*Beta perennis* Hal.). V cukrovce jsou patrné základní biologické vlastnosti čeledi merlíkovitých, to jest schopnost vytvářet větší počet kruhů cévních svazků v křovitém kořeni a stonku. Z biologického hlediska je cukrovka sice mnoholetá opakovaně plodící bylina, která vytváří plodonosné, jednou plodící stonky, které po dozrání semen odumírají, ale ze spících pupenů na hlavě bulvy se v dalším roce mohou vytvořit nové stonky. Z této biologické mnoholetosti cukrovky se však v polní výrobě využívají jen první dva roky, a proto je z hospodářského hlediska cukrovka považována za dvouletou rostlinu (MINX ET AL., 1994).

#### 3.1.1 Morfologie řepy

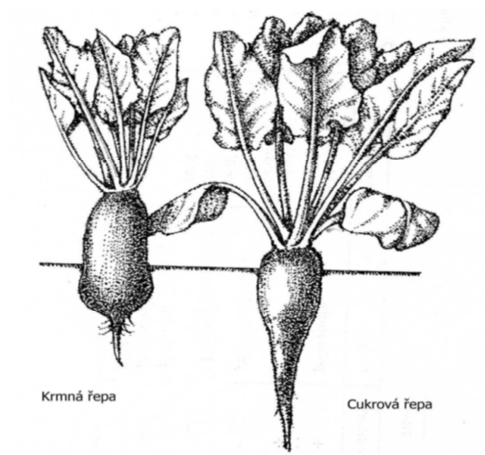
##### Bulva

Bulva představuje rostlinu řepy kromě listů. Hlava bulvy je v prvním roce vegetace zkráceným stonkem, ve druhém roce vyrůstá do květního stonku. Krk bulvy je tvořen hypokotylem tj. částí bulvy mezi hlavou a kořenem. Jednotlivé druhy řep mají krk různě dlouhý. Cukrová řepa má krk krátký, zatímco krk krmné řepy je dlouhý, vyrůstá ze země a tvoří hlavní hmotu bulvy (viz obr. 1). Kořen je část bulvy, na které vyrůstají postranní kořenové vlásky, zpravidla z kořenových rýh. Kořenová rýha probíhá po celé délce kořene. Délka kořene může být i přes dva metry. Cukrovka má na rozdíl od krmné řepy na povrchu kořene příčné vrásky (JŮZL, ELZNER, 2014).

##### Listy

V prvním roce jsou listy řepy sestaveny do listové růžice na hlavě bulvy. Po vzejití se rozvinou děložní lístky postavené vstřícně, které později odpadnou. Právě listy jsou sestaveny na hlavě bulvy ve spirále od vnějšku (nejstarších) ke středu (nejmladší, „srdéčkové“ listy). Listy cukrovky mají silné řapíky a velkou zvlněnou čepel. Krmné

řepy mají slabší řapíky a menší, méně zvlněnou čepel. Rostlina vytváří v průměru 44 až 55 listů. V době sklizně má asi 22 až 30 zelených listů (JŮZL, ELZNER, 2014).



**Obr. 1** Různé utváření bulv (RYBÁČEK ET AL., 1985)

### Květy

Ve druhém roce vegetace z osy srdéčka vyrůstá hlavní lodyha a z úžlabních pupenů vedlejší lodyhy. Řepa je cizosprašná s oboupohlavnými květy. Květy mají pět zelených okvětních lístků, které jsou na spodu srostlé po 2–5 kvítcích a vytvářejí klubíčko (JŮZL, ELZNER, 2014).

### Klubíčko

Klubíčko je souborem nepravých plodů (kulovitých nažek), uzavřených ve ztvrdlém zaschlém okvětí. Botanicky je klubíčko květenství se zkrácenou osou (JŮZL, ELZNER, 2014).

### **3.1.2 Anatomická stavba cukrovky**

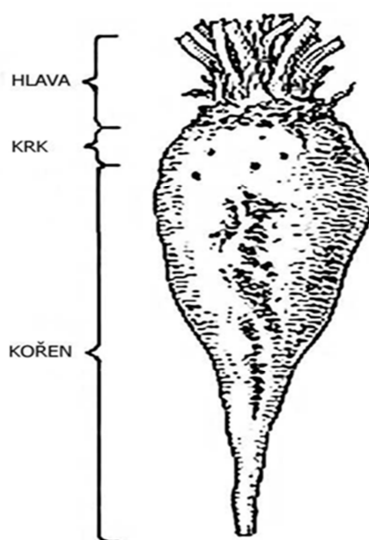
Je tvořena listy a bulvou. Listy tvoří asimilační aparát, bulva představuje zásobní orgán. Sacharóza se tvoří pouze v listech při fotosyntéze a je vodivým pletivem odváděna do bulvy. Rozložení sacharózy v bulvě není stejnoměrné (ASADI, 2007). Bulvu rozdělujeme na tři části a to:

- **Hlava** (epikotyl): Nese listy a vegetační pupeny, tvoří asi 4% hmotnosti bulvy. Obsahuje nejméně cukru a nejvíce škodlivých necukrů, které výrazně zvyšují produkci melasy, což je nežádoucí. Při sklizni cukrovky se odstraňuje společně

s listovou růžicí a tvoří tzv. skrojky (PELIKÁN ET AL., 1999). Jeho výška měří 2 – 3 cm, v závislosti na podmínkách pěstování (ASADI, 2007).

- **Krk** (hypokotyl): Tvoří přechod mezi hlavou a vlastním kořenem. Zaujímá 6% hmotnosti bulvy. Na této části se nenachází listy ani vlásečnicové kořínky v této části má řepná bulva největší schopnost vytvářet ochranná hojivá pletiva, která zabraňují úniku vody z buněk a udržují v bulvách potřebný turgor. Má to svůj význam také při řezání cukrovky (PELIKÁN ET AL., 1999). Jeho výška měří 3 – 8 cm, v závislosti na podmínkách pěstování (ASADI, 2007).

- **Vlastní kořen** (radix): Kořen tvoří cca 90% hmotnosti cukrovky. Je větvenitěho mírně zploštělého tvaru se dvěma protilehlými podélnými rýhami ze kterých vyrůstají vlásečnicové kořínky. Rýha by neměla být příliš ostrá a hluboká, zhoršuje se čištění cukrovky. Kořen by neměl být více větvený a příliš dlouhý, což zvyšuje sklizňové ztráty (PELIKÁN ET AL., 1999). Jeho typická délka je 20 – 25 cm (ASADI, 2007).

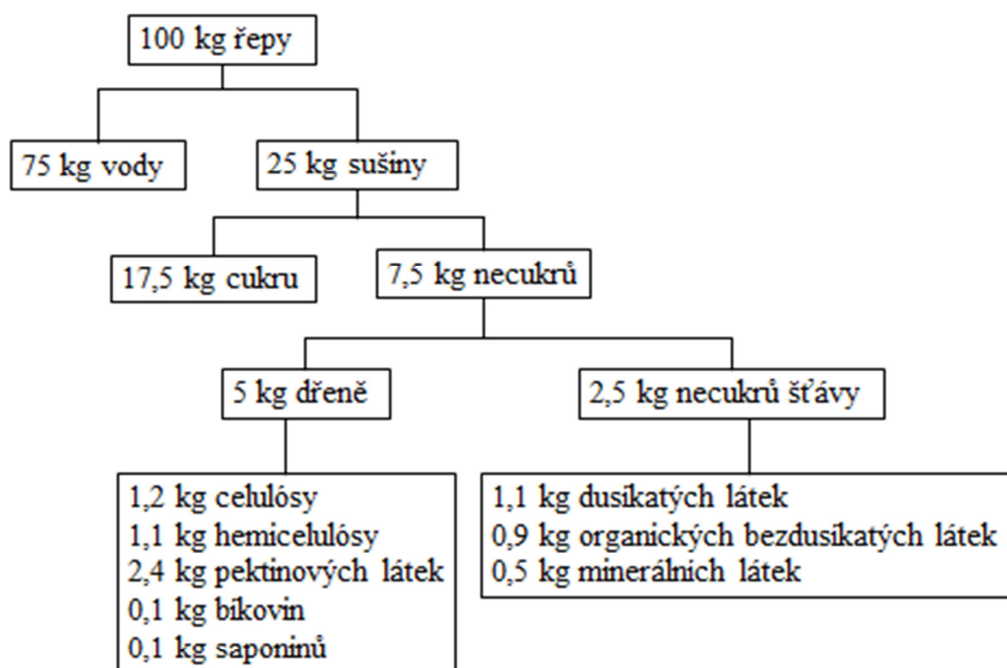


**Obr. 2** Části bulvy (JŮZL, ELZNER, 2014)

### 3.1.3 Chemické složení cukrovky

Chemické složení významně ovlivňuje průběh technologického procesu při získávání cukru, rozhoduje o výtěžnosti cukru a produkci melasy. Je ovlivněno

do značné míry půdními podmínkami, použitou agrotechnikou, úrovní hnojení, použitou odrůdou a celou řadou dalších faktorů (PELIKÁN ET AL., 1999).



**Obr. 3** Výčet jednotlivých složek cukrové řepy (PELIKÁN ET AL., 1999)

Dřeň tvoří nerozpustný podíl bulvy (4,2 – 5,3 %). Obsah dřene souvisí přímo s množstvím vyloužených řízků. Skládá se z celulósy, hemicelulósy, pektinových látek, bílkovin, solí, saponinů. Nejškodlivější složkou řepné dřene jsou pektinové látky, které při difuzi mohou přecházet do roztoku a při filtraci šťáv způsobovat potíže. Základem pektinů je kyselina polygalakturonová, která vzniká při zahřívání řepné šťávy a společně s vápenatými ionty tvoří pektát vápenatý (slizovitá látka). Vyšší obsah pektinových látek je nevyzrálé řepě. Rozpustnost pektinu je závislá na jeho molekulové hmotnosti, teplotě a hodnotě pH. Jeho množství ve šťávách lze snížit okyselením vody pro difuzi pomocí anorganických kyselin ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) (PELIKÁN ET AL., 1999).

### Sacharidy

Tato složka představuje co do obsahu podstatnou část sušiny řepné šťávy. Nejdůležitější je disacharid sacharóza ( $\text{C}_6\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ). Tento disacharid je složen z molekuly glukózy a fruktózy. Velmi důležitá vlastnost sacharózy je její optická aktivita. Sacharóza otáčí rovinu polarizovaného světla doprava a její specifická rotace je  $+66,54^\circ$ , což je využíváno při analytickém stanovení. U sacharózy může také docházet k rozkladu

na původní složky, dochází tzv. ke vzniku invertu, tímto procesem dochází ke snížení výtěžku rafinády. Pokud je cukrová řepa zdravá, dobře vyzrálá a také čerstvá, nachází se v ní invertní cukr ve velmi malém množství a to od 0,05 – 0,2 %. Obsah invertního cukru se však může velmi významně měnit. Hlavními parametry změny jsou pak podmínky a doba uskladnění. Vyšší obsah invertu se také vyskytuje u řepy namrzlé. Další možnosti. Při které dochází ke zvýšení invertu je při vysokém seříznutí řepy. Hlava řepy obsahuje 1 – 5 % invertu (PELIKÁN ET AL., 1999).

#### Organické necukry dusíkaté

Řepná bulva je tvořena řadou látek, které obsahují dusík. Tyto látky rozdělujeme na bílkoviny, aminokyseliny a jejich amidy, organické a purinové zásady a enzymy. Celkový obsah dusíkatých látek v řepné bulvě se pohybuje v rozmezí 0,15 – 0,40 %. Je to způsobené především průběhem povětrnosti a hnojením dusíkatými hnojivy (PELIKÁN ET AL., 1999). V řepné bulvě se nacházejí bílkoviny, aminokyseliny a amidy, organické a purinové zásady a enzymy.

#### Anorganické necukry

**Popeloviny** - celkový obsah popelovin v cukrovce se považuje za jeden z nejdůležitějších faktorů kvality. Rozpustné popeloviny výrazně zvyšují produkci melasy. Obsah popelovin v bulvě výrazně kolísá. Hlavními atributy, které ovlivňují celkový obsah popelovin v bulvě a tudíž i kvalitu cukrovky jsou: odrůda, průběh povětrnosti, půdní podmínky a výživa. Cukrová řepa obsahuje v bulvě v průměru 0,7 % minerálních látek. Největší podíl zaujímá draslík ve formě K<sub>2</sub>O, draslík tvoří z celkového množství popelovin 35 - 42 %. Nejškodlivější popeloviny jsou chloridy, pak dusičnany a uhličitany. Je známo, že v průměru 1 díl rozpustných popelovin brání krystalizaci 5 dílů cukrů (PELIKÁN ET AL., 1999).

**Tabulka 1:** Procentuální obsah popelovin v cukrové řepě (PELIKÁN ET AL., 1999)

Popelovina	K	Na	Ca	P	Cl
Obsah %	0,21	0,052	0,06	0,03	0,02

### 3.1.4 Růst a vývoj cukrovky

Počátek velkého vegetačního období ( $t_d \geq 5,0$  °C) představuje vhodné podmínky pro setí a klíčení cukrově řepy. Začátek vegetačního období byl definován jako termín, kdy prvních 5 po sobě jdoucích dnů je  $t_d \geq 5,0$  °C a následně 5 a více dnů nesmí  $t_d$  klesnout pod tuto hodnotu. Konec vegetačního období byl stanoven na počáteční den první pentády s  $t_d \leq 5,0$  °C. Délka vegetačního období se pak stanoví jako počet dnů mezi počátkem a koncem daného období (POTOPOVÁ ET AL., 2015).

Červen, červenec a srpen, jsou důležité pro růst rostlin. Průměrná optimum, teplota pro pěstování cukrové řepy v průběhu vegetačního období je asi 14 °C (ASADI, 2007). Na rozdíl od jiných plodin je řepné pole plně zakryto fotosyntetizujícími listy přes 120 dnů v roce. Vegetační doba představuje největší potenciál při zvyšování výnosu a jeden ze zásadních úkolů je hledání, jak vegetační dobu prodloužit na jaře včasným setím a rychlým vzcházením i na podzim oddálením sklizně. Víceleté pokusy potvrzují, že s délkou vegetace se významně zvyšuje výnos kořene. Vliv délky vegetační doby na výnos bulev je 1 – 10 % a na cukernatost 9 – 22 % (POTOPOVÁ ET AL., 2015).

Cukrovka je plodinou na živiny velmi náročnou. V průměru odčerpá na 1 t bulev 5,6 kg K, 4,4 kg N, 2 kg Ca, 0,9 kg Na, 0,8 kg Mg a 0,7 kg P. Rozhodující je výběr stanoviště pro její pěstování. Vyžaduje půdy středně těžké, hluboké, s neutrální až slabě alkalickou půdní reakcí (pH 6,3-7,4). Řízená výživa pak ovlivňuje především výnos bulev, do kterého se promítá i poměr mezi hmotnostmi bulev a chrástu, obsah cukru a další technologické parametry (HŘIVNA ET AL., 2014).

Vlastní setí probíhá, s ohledem na techniku, v bezesrážkových dnech. Vysoký podíl dnů se srážkami může mít za následek zpoždění setí, zkrácení vegetační doby a snížení výnosu. Bulva cukrové řepy, v důsledku vysokého obsahu cukrů, není příliš citlivá na krátkodobý pokles teploty těsně pod bod mrazu. Delší působení silných mrazů však cukrovku poškozuje a snižuje její cukrovarnickou jakost (POTOPOVÁ ET AL., 2015).

## 3.2 Faktory ovlivňující výnos a kvalitu cukrové řepy

Struktura výnosu cukrové řepy je tvořena především:

- počtem jedinců na hektar
- hmotností bulev
- množstvím cukru v bulvě



Vhodnými agrotechnickými zásahy a správnou výživou rostlin můžeme působit na hmotnost bulev, obsah cukru a na poměr mezi hmotnostmi bulev a chrástu. Mezi hlavní faktory ovlivňující výnos cukrovky patří: průběh povětrnosti, pěstební podmínky, populace rostlin a genetika odrůd. Teoretická výnosová schopnost cukrovky přesahuje 100 t/ha, což představuje cca 16 a více tun polarizačního cukru. Tyto výnosy jsou běžně dosahovány u maloparcelních polních pokusů. V praxi je však redukován na 50 až 80 %. Dosažení ideálního výnosu je možné při cca 90 – 100 000 jedinců/ha, optimální hmotnosti bulev v rozmezí 600 – 800 g a cukernatosti 16 – 18 %. Podmínkou je zde rovněž rovnoměrné rozmístění jedinců na ploše. Pěstební podmínky ovlivňují výnos cukrovky až z 51 %. Tyto podmínky zahrnují přípravu půdy, výživu, setí a ochranu porostu během vegetace (HŘIVNA, 2014).

### 3.2.1 Odrůdy cukrovky

Podle výnosu bulvy a cukernatosti lze současné odrůdy rozdělit na odrůdy:

- *výnosového typu (V-typ)*, které dosahují vyššího výnosu bulev a nižší cukernatosti (16 – 17 %).
- *normálního typu (N-typ)*, které poskytují střední až vyšší výnosy bulev se střední cukernatostí a výtěžností bílého cukru.
- *cukernaté odrůdy (C-typ)*, mající nižší výnosy kořene, ale vysokou cukernatost (17 – 18 i více %) a výtěžnost bílého cukru.

Řada odrůd je řazena k přechodným NC typům. Nejvíce jsou zastoupeny N-typy a typy přechodné. Cukernaté odrůdy dříve technologicky vyžívají, snášejí časnější sklizeň, případně pozdější setí. Výnosové odrůdy pak vyžadují delší vegetační dobu (POTOPOVÁ ET AL., 2015).

Na základě výsledků maloparcelních pokusů je pro pěstitele každoročně zpracováván seznam doporučených odrůd, ve kterém jsou uvedeny výsledky zkoušení nejpěstovanějších a nově registrovaných odrůd na řadě lokalit v ČR. Seznam doporučených odrůd vydává ÚKZÚZ ve spolupráci se Svazem pěstitelů cukrovky Čech za odborné spolupráce cukrovarů a semenářských firem (PULKRÁBEK ET AL., 2007).

### 3.2.2 Zařazení v osevním postupu

Správný osevní postup, stejně jako používání statkových hnojiv a kompostu je pro pěstování cukrovky velice důležité. Tyto operace jsou předpokladem pro udržování a zvyšování půdní úrodnosti. Cukrovka patří mezi plodiny, které by se neměly pěstovat po sobě. Časový rozestup by měl být 4 – 5 let, neboť časté pěstování cukrovky po sobě má za následek rozšíření háďátka řepného. Nejvhodnějšími předplodinami cukrové řepy jsou ozimé obilniny, nejčastěji ozimá pšenice. Nevhodnými předplodinami jsou jetel, vojtěška a kukuřice (ŠNOBL ET AL., 2007).

Setí cukrovky může proběhnout jak v polovině března, tak i třeba o měsíc později. Včasný termín setí má zároveň zásadní vliv na dosažení optimální hustoty porostu, což se také kladně odráží na výnosu. Při raném setí však bývá půda studená a doba vzcházení se prodlužuje. Pozdější setí na jaře nelze dohnat prodloužením vegetační doby na podzim. Při pozdním setí (druhá polovina dubna) je sice teplota dostatečná, často však už chybí vláha (POTOPOVÁ ET AL., 2015).

### 3.2.3 Vliv půdních podmínek a zpracování půdy

Pro pěstování cukrovky jsou vhodné nejkvalitnější písčitohlinité až jílovitohlinité půdy. Měly by být rovinnaté, případně s malou svažitostí, které splňují následující požadavky:

- obsah humusu nad 2 %,
- vyrovnaný vodní a vzdušný režim s možností prokořenění půdního profilu min. 50 – 60 cm,
- skeletovitost do 2 %.

Nevhodné jsou půdy zamokřené, písčité, skeletovité, zhutněné, půdy devastované (HŘIVNA, 2014).

Cukrová řepa je rostlina, která vyžaduje kvalitní přípravu a zpracování zemědělské půdy. Je značně náročná na provzdušnění půdního substrátu. Z tohoto hlediska se stále za nejvhodnější považuje hluboká orba. Po hluboké orbě je však zapotřebí další příprava půdy pro setí a tím se operace stává více energeticky náročnou. Proto je současným trendem nahradit klasickou orbu pouze hlubokým kypřením (VOTAVA, KUMBÁR, 2014). Kvalitní řepařská půda má mít optimální strukturu, pórovitost a příznivý vzdušný

a vodní režim. Pokud je omezen přístup vzduchu ke kořenům, je omezen i příjem živin rostlinou, protože kyslík je nezbytný pro metabolické procesy (KŘOVÁČEK, 2014).

Kvalitně je půda připravena při použití klasického systému 3 oreb: podmítka ihned po sklizni předplodiny, organické hnojení, střední orba v srpnu až v září a hluboká orba v říjnu. V současnosti se spíše dodržuje systém 2 oreb. Po sklizni předplodiny se co nejdříve provede podmítka a následně se hlubokou orbou zapraví vzešlý výdrol s posklizňovými zbytky a aplikovanými statkovými a průmyslovými hnojivy. Hluboká orba má být 24 až 30 cm, maximálně do 45 cm. Rozhodujícím faktorem pro kvalitu orby je příznivá půdní vlhkost. Podzimní orba je vhodná v období od září do poloviny října, protože později vlhkost půdy stoupá (HŘIVNA, 2014).

### **3.2.4 Úprava pH půdy a vápnění**

Vápník ovlivňuje téměř všechny procesy v půdě a tím i přijatelnost dalších živin. Cukrovce vyhovuje neutrální půdní reakce (kolem 7,0), kterou zajišťujeme vápněním. Vápník je ale i nezbytný pro potřebu rostlin. Především je důležitý pro růst a tvorbu listů. Cukrovka v průměru odčerpá na 1 ha až 72 kg Ca chrástem a 16 kg Ca bulvami. Koncentrace vápníku v listech se pohybuje v rozmezí 0,7 – 1,6 % a v kořenech 0,16 - 0,35 %. Při stanovení dávky vápenatého hnojiva by jednorázová dávka vyjádřená v Ca neměla překročit 1,4 t u písčitohlinitých půd (pH) a 2,1 t u hlinitých až jílovitých půd. Pokud vychází potřeba vápnění vyšší než je přípustná maximální dávka, doporučenou dávku je nutné rozdělit a aplikovat ji během 2 – 3 let. Vápnění je třeba provést zásadně na podzim se zapravením do hluboké orby. Pro vápnění se nejčastěji používají saturační kaly, mletý nebo dolomitický vápenec (VANĚK ET AL., 2002).

### **3.2.5 Vliv výživy**

Cukrovka je plodina s vysokými nároky na živiny. Vhodná kombinace hnojení průmyslovými a organickými hnojivy je jedinou možností, jak zajistit cukrovce správnou výživu, a to i na půdách úrodných (VANĚK ET AL., 2002). Cukrová řepa vyžaduje vysoké dávky živin, a to jak v prvním, tak i ve druhém roce života. Je to z důvodu vysoké produkce organické hmoty (ŠPALDON ET AL., 1982).

Organické materiály aplikované na půdu jsou zvířecí hnůj, kal z čistíren, zeleno-chlévské plodiny a jiné organické zbytky. Drůbeží trus a kejdy jsou zvláště bohaté

na živiny. Nejčastěji pěstitelé používají slámový chlévský hnůj od skotu a prasat, cca 20 – 40 t·ha<sup>-1</sup>. Mezi prvky, které cukrová řepa potřebuje pro svůj růst ve velkém množství patří N, P, S, K, Ca, Mg a Na. V malých dávkách také B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo a Zn (DRAYCOTT, CHRISTENSON, 2003).

### **3.2.5.1 Hnojení organickými hnojivy**

Za nezbytnou součást se považuje organické hnojení. Dodávka organických hnojiv do půdy má pozitivní vliv na fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Zlepšuje se retenční schopnost a zvyšuje se využití aplikovaných minerálních hnojiv (VANĚK ET AL., 2002). Při aplikaci organických hnojiv je nutno vycházet ze specifík jednotlivých druhů. Nejčastěji se používají stájová hnojiva. Ve značné míře se také využívá sláma, posklizňové zbytky a zelené hnojení (DRAYCOTT, CHRISTENSON, 2003).

#### Chlévský hnůj a kejda

Hnůj je aplikován zpravidla v dávce cca 30 - 40 t·ha<sup>-1</sup>. Vyšší dávky hnoje nejsou výrazně účinnější a snižují rentabilitu pěstování cukrovky. Při jeho dávkování 30 – 35 t/ha dodáváme do půdy cca 150 kg N, 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a 210 kg K<sub>2</sub>O. Dále jsou zde obsaženy humusotvorné látky, hormony, růstové látky, látky potřebné pro výživu mikroflóry a mikrofauny. Vysoké dávky hnoje vedou k vyššímu příjmu dusíku i draslíku. Výsledkem je pak snížená hodnota cukernatosti, vysoká hodnota α-aminodusíku a draslíku v bulvě. Důležitější než dávka je vždy termín zaorání (optimální je září).

Srovnatelný hnojivý účinek s chlévským hnojem má kejda. Jedná se o směs pevných a tekutých výkalů hospodářských zvířat, více nebo méně zředěných vodou. Její sušina by neměla klesnout pod 5 %. Čím větší je sušina kejdy, tím menší dávka se používá, protože větší dávky snižují cukernatost. Výhodné je používat kejdu společně se zeleným hnojením nebo zaorávkou slámy. Společná aplikace pozitivně ovlivňuje výnos a často i kvalitu produktu (SAPÁKOVÁ ET AL., 2014).

#### Sláma a posklizňové zbytky

Zapravení slámy bývá často velmi aktuální. Sláma má vysoký obsah organických látek, které jsou cenné pro tvorbu stabilních organických sloučenin v půdě tj. humusu,

obsahuje i řadu živin. Slámu je potřeba rozřezat nebo našťípat a rovnoměrně rozvrstvit po pozemku. Pro dobrý rozklad slámy se musí upravit poměr C:N na 20 – 30 :1. K tomu aplikujeme 8 – 10 kg N·t<sup>-1</sup> slámy, příp. můžeme použít kejdu (SAPÁKOVÁ ET AL., 2014). Pro optimální průběh mineralizace je vhodné aplikovat na slamnaté zbytky dusíkatá hnojiva se sírou, protože poměr N:S zde může být velmi široký. Pokud to neuděláme, hrozí nebezpečí její imobilizace z půdy (WU ET AL., 1993).

#### Digestát a jeho aplikace

Digestát a jeho složky separát a fugát z bioplynových stanic lze také využít jako zdroj živin pro výživu cukrovky. Složení těchto organominerálních hnojiv se může významně měnit v závislosti na zdroji, který se používá k výrobě bioplynu. Z hlediska uplatnitelnosti živin pro růst a vývoj cukrovky je rozhodující přístupnost živin. Z celkového obsahu živin je podíl okamžitě přístupných živin po anaerobní fermentaci velmi malý. U fosforu (P) dosahuje kolem 11 %, u draslíku (K) 5 % a u vápníku (Ca) a hořčíku (Mg) dokonce pouze 1,7 – 2,8 %. Aby byla podstatná část těchto živin pro rostliny přístupná, musí projít v půdě mineralizací a proto je nutné digestát aplikovat s dostatečným časovým předstihem (HŘIVNA, 2014). Ke hnojení cukrovky můžeme využít také zelené hnojení. Zelené hnojení se používá samostatně nebo v kombinaci s hnojem, kejdou, močůvkou i slámou (SAPÁKOVÁ ET AL., 2014).

#### **3.2.5.2 Hnojení minerálními hnojivy**

##### Hnojení dusíkem

Celkový obsah dusíku v půdách je rozdílný a kolísá nejčastěji v rozpětí 0,05 – 0,5 %. V půdách ČR je průměrný obsah 0,1 – 0,2 %, což představuje v průměru 3 – 6 tun dusíku na 1 ha. Z tohoto celkového množství je 98 – 99 % obsaženo ve formě organické a zbytek (1 – 2 %) ve formě minerální (HŘIVNA ET AL., 2014). Dusík má největší vliv na výnos plodin a je klíčovou součástí enzymů, vitaminů, chlorofylu a dalších buněčných složek, které jsou nezbytné pro růst a vývoj rostlin (TOPAK ET AL., 2014). Obsah dusíku v půdě ovlivňuje zejména podnebí, klimatické podmínky, geografická poloha, celkové množství organické hmoty v půdě a také použití vhodné předplodiny (MARCHETTIA, CASTELLI, 2011).

Cukrová řepa přijímá dusík převážně v nitrátové formě. Nitráty jsou velmi rychle transportovány do listů, kde je lokalizována větší část nitrátoreduktázové aktivity. Je velmi citlivá na přehnojení dusíkem, které vede k poklesu cukernatosti a v některých případech i k poklesu celkového výnosu (PULKRÁBEK ET AL., 2007). Cukrovka přijímá nejvíce dusíku do konce června, v tomto období se vytváří v maximální míře listová plocha. Nadbytek se projevuje temně zelenou barvou listů a velkým zvlněním čepelí listů. Nedostatek se projevuje určitým zesvětlením až zežloutnutím listů (HŘIVNA ET AL., 2003). Velmi důležité je tedy správně zvolit dávku dusíku. Aplikace dusíku v průběhu vegetačního období závisí na obsahu dusíku v půdě a typu použitého dusíkatého hnojiva (SZCZEPANIAK ET AL., 2012). Dřívější zkušenosti udávají dávku 120-180 kg·ha<sup>-1</sup>. Nyní se poznatky o hnojení tímto prvkem přehodnocují směrem k nižším dávkám dusíku na hektar (HŘIVNA ET AL., 2003).



**Obr. 4** Při nedostatku dusíku listy žloutnou odspodu rostliny (HŘIVNA ET AL., 2003)

### Hnojení fosforem

Fosfor začal být více vnímán jako potřebný prvek pro výživu cukrové řepy teprve v průběhu 20. století. Hraje důležitou roli ve stavbě cukrovky (DRAYCOTT, 2005). Celkový obsah fosforu (P) v půdě kolísá v rozmezí od 0,03 do 0,13 % P. Fosfor je vázán ve vazbách organických a anorganických (HŘIVNA ET AL., 2014). Převážná většina fosforu je cukrovkou přijímána v anorganické formě (TERRY, ULRICH, 1973). Podíl anorganických sloučenin se mění v závislosti na druhu a typu půdy, půdní reakci, úrovni výživy apod. (HŘIVNA ET AL., 2014).

Fosfor hraje důležitou roli v metabolismu buněk. Zejména důležitý je přesun energie zprostředkovaný pomocí ATP (TERRY, ULRICH, 1973). Přenos fosforečné skupiny (biochemická fosforylace) je základem přenosu energie v rostlině (PULKRÁBEK ET AL., 2007). Na začátku vegetace je fosfor translokován v listech a kořenu. Ve druhé polovině vegetace se akumuluje převážně v kořenech (SAPÁKOVÁ ET AL., 2014).

Fosfor je rostlinami přijímán rovnoměrně až do srpna a není zanedbatelný ani v září, neboť v tomto období má být uhrazena vzrůstající potřeba energie na tvorbu a přenos sacharózy. V některých případech se proto ukázalo efektivní přihnojování fosforečnými hnojivy postřikem na list v průběhu srpna a září (PULKRÁBEK ET AL., 2007). Mnohé studie prokazují na to, že aplikace fosforu snížila v rostlinách obsah kyseliny šťavelové. Některé výzkumy dále uvádějí, že vysoký obsah šťavelanů může souviset s nízkým obsahem cukru (TOPCUOGLU, 2003).

Viditelné příznaky deficitu fosforu jsou velmi vzácné a projevují se zejména temně šedozeleným zbarvením listů při viditelném zpomalení růstu. Na starších rostlinách se objevuje načervenalé zbarvení a řapíky bývají dlouhé a vztyčené. Na kořenech je často viditelná vousatost. Zjevný nedostatek fosforu se může vyskytovat na půdách s jeho velmi malou zásobou, kyselou reakcí půdy, kdy nastává blokáce příjmu fosforu vazbou na nerozpustné Al a Fe-fosfáty a rovněž k nedostatku fosforu může docházet při alkalické reakci půdy pH nad 7,5. Deficit fosforu se na kyselých půdách objevuje většinou společně s nízkou sorpční kapacitou půdy, utužením a zvláště se zamokřením půdy. Nadbytek se nevyskytuje a nebyl zatím pozorován (HŘIVNA ET AL., 2014).



**Obr. 5** Červenání mladé rostliny při nedostatku fosforu (HŘIVNA ET AL., 2003)

### Hnojení draslíkem

Jedná se o makroživinu, která je přijímána a využívána ve větším množství cukrovou řepou, zejména při optimální sklizni. Draslíku spotřebuje cukrovka nejvíce ze všech přijímaných živin. Proto je potřeba při základním hnojení aplikovat dostatečné množství K-hnojiv (DRAYCOTT, 2005). Některé studie uvádějí, že půda bohatá na draslík může výrazně snížit výnosové ztráty, které vznikají v polosuchých oblastech, kde dochází k poklesu výnosu až o 30 % (SAMADI, 2012).

Draslík svou biochemickou funkcí ovlivňuje pozitivně cukernatost sklizených bulev. Na druhé straně je však podstatnou součástí rozpustného popela cukrové řepy,

a tím působí velmi nepříznivě při cukrovarnickém zpracování (PULKRÁBEK ET AL., 2007).

Vyšší deficit draslíku se projevuje podvinováním listů, modrozeleně se zbarvujících kolem cévních svazků, barva čepelí se mění na olivově zelenou až bronzovou, viditelné jsou nekrotické skvrny ve tvaru trojúhelníků se základnou k okraji listů (PULKRÁBEK ET AL., 2007).

*Nejčastěji používaná K-hnojiva:*

➤ Draselná sůl 60 %, krystalická, granulovaná – je to nejčastěji používané draselné hnojivo s 60 % obsahem  $K_2O$ , 47 % chlóru a nízkým obsahem sodíku. Jedná se v podstatě chlorid draselný. Jeho aplikace je vhodná pro těžké jílovité půdy náchylné na kornatění.

➤ Magnesia kainit – obsahuje 11 %  $K_2O$ , 5 %  $MgO$ , 4 % S ve formě síranu hořečnatého a 15 % Na. Vhodný je pro půdy s deficitem obsahem hořčíku a síry.

➤ Korn Kali – obsahuje 40 %  $K_2O$  a 5 %  $MgO$ , 4 % S velmi vhodné na půdy s deficitem obsahem hořčíku.

➤ Patentkami – hnojivo je možné aplikovat týden před setím, neboť nepůsobí nepříznivě na vzcházení cukrové řepy (HŘIVNA ET AL., 2003).



**Obr. 6** Nekrotizace a svinování listu při nedostatku draslíku (HŘIVNA ET AL., 2003)

### Hnojení hořčíkem

Průměrný obsah celkového hořčíku se v půdě pohybuje okolo 0,6 %. V nevýměnné formě se nachází v primárních i sekundárních minerálech. Účastní se při fotosyntéze a při metabolismu cukrů, což je pro cukrovku obzvlášť významné. V procesu fotosyntézy umožňuje hořčík (Mg) za působení světla oxidaci chlorofylu a tím přeměnu světelné energie na energii chemickou. Hořčík je složkou molekuly chlorofylu, bez níž by fotosyntéza zelených rostlin nemohla probíhat (HŘIVNA ET AL., 2014).



Nízký obsah hořčíku v rostlinách může být způsoben vyčerpáním půdních zásob nebo může být vyvolán poruchami kořenů asimilovat  $Mg^{2+}$  (HERMANS ET AL., 2004). Při nedostatku hořčíku dochází k blednutí starších listů. Tento jev je doprovázený žloutnutím mezi listové žilnatinou. Tyto charakteristické symptomy se objevují na okrajích listů (BITTNER, 2012). Nedostatek hořčíku v rostlinách je poměrně častým jevem, který má vliv na produktivitu a kvalitu plodin (HERMANS ET AL., 2004). V tomto případě je příznivá aplikace hořečnatých hnojiv na podzim (BITTNER, 2012).



**Obr. 7** Typické žloutnutí mezi nervaturou při deficienci hořčíku (HŘIVNA ET AL., 2003)

### Hnojení sírou

Cukrovka dříve patřila v ČR k plodinám, kterým běžně stačily depozice síry ve srážkách, a proto se hnojení sírou zanedbávalo a do celkové bilance živin potřebných pro tvorbu výnosu se často síra vůbec nezapočítávala (HŘIVNA ET AL., 2003). Síra je jednou z hlavních živin, která je zapotřebí pro syntézu klíčových aminokyselin, které jsou potřebné k tvorbě funkčních a strukturálních proteinů. Asi 90 % síry je vázáno přes aminokyselinu methionin a cystein. Síra je součástí funkční skupiny koenzymů, proto nedostatek síry vede ke změnám v syntéze proteinů (HOFFMANN ET AL., 2004).

Síra je cukrovkou přijímána obvykle ve formě aniontů  $SO_4^{2-}$  stejně jako fosfor (DRAYCOTT, 2006). V půdě se postupně uvolňuje z méně rozpustných sloučenin, včetně organických až na sírany, ale množství takto vytvořené labilní síry využitelné rostlinami je velmi nízké. Část síry jsou rostliny schopné získávat z ovzduší. Emise síry však v posledních letech v důsledku odsíření velmi významně klesly (HŘIVNA ET AL., 2003). Nedostatek síry je však stále častější v souvislosti s výraznou redukcí emisí oxidu siřičitého do atmosféry, nižšími vstupy síry ve statkových i minerálních hnojivech. Vstupy síry se snížily ve většině intenzivně hospodařících regionech pod 10 kg na hektar. To je nedostatečné pro celou řadu rostlin (RYANT ET AL., 2007).

Deficit se zjevně projevuje žloutnutím listů (chlorózou), později i nekrotizací (HŘIVNA ET AL., 2014). Vzhledem k tomu, že síra není transportována od starších listů k mladším, je vidět její nedostatek zejména na nejmladších listových čepelích. K minimalizování snížení výnosu a kvality působením nepříznivých vlivů je důležitá včasná diagnóza nedostatku síry (ZENGİN ET AL., 2009). Poměr dusíku k síře je 15:1 (DRAYCOTT, CHRISTENSON, 2003).



**Obr. 8** Hnědé skvrny na čepelích vlivem deficiencie síry (HŘIVNA ET AL., 2003)

### Hnojení vápníkem

Fyziologický význam vápníku v rostlinných pletivech spočívá zejména ve stabilizaci buněčných membrán a stěn buněk (HŘIVNA ET AL., 2014). Koncentrace vápníku v půdách se pohybuje v rozmezí 0,1 – 3 %. Půdy tvořené ze zásaditých nebo vápenatých hornin obsahují velké množství vápníku (3 %), a právě takové půdy jsou široce využívány pro produkci cukrové řepy (DRAYCOTT, 2005).

Vápník významně ovlivňuje tvorbu a růst kořenů, hlavně kořenového vlášení. Významně také ovlivňuje stabilitu a integritu pletiv. Deficit vápníku může vzniknout při přehnojení K a Mg, protože se snižuje přijatelnost vápníku a dochází částečně k jeho blokaci. Naopak  $\text{Ca}^{2+}$  působí pozitivně na příjem většiny iontů (HŘIVNA ET AL., 2014).  $\text{Ca}^{2+}$  mají vliv na selektivní absorpci anorganických iontů, jako jsou  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$  a může tak chránit rostlinné buňky proti nežádoucím účinkům vyvolaných stresem (JOERSBO, OKKELS, 1996).

Vápník je jedním z hlavních faktorů při kontrole pH půdy. Pokud se pH řepařské půdy pochybuje nad 6,5 je důležité vápník dodat. Příznaky deficitu vápníku se vyskytují zřídka. Dále vápník reguluje iontovou rovnováhu, podílí se na expresi genu, je součástí metabolismu sacharidů a podílí se rovněž na osmoregulaci (DRAYCOTT, 2006).



**Obr. 9** Nedostatek vápníku na listech cukrovky (HŘIVNA ET AL., 2003)

### Hnojení sodíkem

Sodík má stejně jako draslík koloidně chemickou funkci a má stejné účinky ve fyziologii rostliny jako draslík a proto je v metabolismu cukrovky do jisté míry zastupitelný. (HŘIVNA ET AL., 2014). Cukrová řepa získává sodík jako  $\text{Na}^+$  ion z půdního roztoku. Koncentrace sodíku v hlavě cukrovky je 20 krát vyšší než v jejích kořenech. Po odejmutí pouze kořene cukrovky z půdy se vrátí do půdy okolo 90 % z celkového množství sodíku (DRAYCOTT, CHRISTENSON, 2003).

Optimální doba pro aplikaci sodíku je na počátku jara vzhledem k jeho možným ztrátám v zimním období (BARŁOG, 2013). V Anglii se osvědčilo společné hnojení draslík + sodík nebo hnojení dusík + sodík. Jeho účinek může být způsoben větší mobilitou v půdě a tudíž jeho pozitivnější přijatelností. Na druhé straně jeho nadbytek má stejný účinek na zvýšení PCM při zpracování cukrové řepy jako draslík (HŘIVNA ET AL., 2014).

### **3.2.5.3 Hnojení stopovými prvky**

#### Bór

Bór je jeden ze základních prvků pro rostliny a jediný nekovový prvek mezi ostatními mikroelementy. Bór se podílí zejména na metabolismu cukrů a buněčném dělení. Je důležitý pro translokaci sacharidů přes membránu do kořenových a listových meristémů, strukturu a funkci buněčné stěny a další. Bylo pozorováno, že se bór hromadí v koncích listů, kde jsou koncentrace 5 až 10 krát vyšší než v celém listu (GUPTA, SOLANKI, 2013). Bór se účastní mnoha fyziologických procesů, které jsou iniciovány světlem, působením zemské tíže, fytohormony. Pozitivně ovlivňuje také

příjem P a jeho inkorporaci do nukleotidů. Bór má také vztah k syntéze cytokininu a zvyšuje hladinu auxinu (HŘIVNA ET AL., 2014).

Při nedostatku bóru nemohou rostliny využít vápník, a to ani při jeho dostatku v půdě. Rostliny bór přijímají lépe v půdách s vyšším obsahem draslíku a také v kyselém prostředí. Pro cukrovou řepu dostupný bór se vyskytuje v kyselé a neutrální půdě ve formě  $H_3BO_3$ , v půdě alkalické jako  $H(BO)_4^-$ . Obě formy se snadno vyplavují z půdy pod kořenovou zónu, a to zejména v oblastech, kde srážky přesáhnou bod evapotranspirace, nebo kde se cukrovka zavlažuje. V důsledku toho se bór v půdě nekumuluje (DRAYCOTT. CHRISTENSON, 2003).

Deficit bóru může být v porostech cukrovky poměrně častým jevem. Vzhledem k tomu, že jeho potřeba se pohybuje v průměru mezi  $350 - 500 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ , můžeme efektivně zasáhnout a případný deficit upravit mimokořenovou výživou (VANĚK ET AL., 2002). Projevy nedostatku bóru lze pozorovat jak na listech, tak na kořenech. Na listových řapících se objevuje hnědá skvrnitost až korkovitost, v hlavě bulvy se vyskytuje dutina. Častým projevem jsou také nekrotické praskliny na čepeli listů. Při akutním nedostatku se objevují na řezu kořenem hnědé skvrny podél cévních svazků. Nedostatek bóru snižuje výnos kořene a také snižuje cukernatost (DRAYCOTT. CHRISTENSON, 2003).

### Mangan

Je přijímán jako dvojmocný kation  $Mn^{2+}$ . Příjem manganu je výrazně ovlivněn pH půdy a také jejím redox potenciálem. Do určité míry může zastoupit hořčík a proto řada příznaků při jeho nedostatku má podobnost s nedostatky hořčíku a železa. Pohyblivost manganu je v rostlinách omezena což je třeba brát na zřetel při mimokořenové výživě manganem (DRAYCOTT. CHRISTENSON, 2003).

Nedostatek manganu se projevuje drobnými žlutobílými skvrnami na listech mezi listovou žilnatinou. Při silnějším nedostatku, kdy je již snížený růst rostlin, jsou listové řapíky delší, listy jsou vzpřímené a čepele listů se kroutí dovnitř. Dále může dojít až k zprůsvitnění a vypadávání nekrotických skvrn. Příznaky se objevují již na jaře a během vegetace tyto příznaky mohou odeznít v důsledku pronikání kořenů cukrovky do větších hloubek půdy s dostatkem manganu.

Nadbytek manganu hrozí na kyselých půdách a jeho příznaky jsou většinou překryty nedostatkem fosforu (HŘIVNA ET AL., 2014).

## Měď

Je přijímaná rostlinami jako dvojmocný kation  $\text{Cu}^{2+}$ . Její příjem není výrazněji ovlivněn jinými ionty. V rostlině je málo pohyblivá, je vázána na komplexní sloučeniny a v organických sloučeninách. Velká část Cu (asi 70 %) je lokalizována v chloroplastech. Měď pozitivně ovlivňuje příznivě stabilitu chlorofylu, listy jsou déle zelené a vykazují vyšší fotosyntézu. Nedostatek mědi se příliš často nevyskytuje (DRAYCOTT, CHRISTENSON, 2003; HŘIVNA ET AL., 2014).

## Zinek

Je přijímán jako  $\text{Zn}^{2+}$ . I když cukrovka patří k plodinám, které jsou méně citlivé na nedostatek zinku, může být pozorován při obsahu pod  $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  sušiny listů. Zinek se účastní mnoha enzymových reakcí. Významnou roli sehrává při tvorbě růstových hormonů (HŘIVNA ET AL., 2014).

Jeho nedostatek se může vyskytnout, tam kde je v půdě vysoký obsah přístupného fosforu a na půdách alkalických. Nedostatek zinku vyvolává poruchy v dělení buněk na špičkách kořenu, vegetačních vrcholech a v kambiálních pletivech, dochází k narušení růstu rostlin (DRAYCOTT, CHRISTENSON, 2003). Deficit zinku se projevuje nekrotizací ve formě světlých až bílých skvrn. Nadbytek zinku se projevuje chlorosami a zakrslostí rostlin (HŘIVNA ET AL., 2014).

## Železo

Přijímá rostlina jako kation  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$  podle půdních podmínek. V rostlině přechází značná část železa do organických vazeb. Železo má vztah k utilizaci dusíku a síry. Jeho obsah v sušině rostlin se pohybuje v rozmezí  $100 - 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (HŘIVNA ET AL., 2014). Nedostatek železa se vyskytuje na půdách alkalických, typickým příznakem je výrazná chloróza na listech (EL-JENDOUBI ET AL., 2014). Nedostatek Fe může změnit složení makro a mikro živin v cukrové řepě (ROMBOLA ET AL., 2005). Nadbytek železa pro porosty cukrovky prakticky nepřipadá v úvahu. Je možný na silně kyselých stanovištích, kde pěstování cukrovky nepřipadá v úvahu (HŘIVNA ET AL., 2014).

## Křemík

Křemík tvoří ve formě kyseliny křemičité  $\text{Si(OH)}_4$ , např. v obilnině až 50 % popela. Jeho obsah stoupá v rostlině se stářím orgánů. Inkrustuje buněčné stěny a dodává jim větší pevnosti (KRPEŠ, 2005).

Křemík je prvkem s prokázanými benefičními účinky, přestože byl donedávna považován za pouhou stavební složku částí rostlin a minerální podporu mechanické odolnosti. Sloučeniny křemíku hrají významnou roli při biotickém i abiotickém stresu a jeho příjem a dostupnost má zásadní vliv na výnos a kvalitu rostlin. Moderní postupy (nanotechnologie) přinášejí nové možnosti, jak ovlivnit chování křemíku z hlediska příjmu a využití rostlinou. Projevy deficience: nekróza, vadnutí, snížený růst, produkce semen, snížená mechanická odolnost stébel (SNYDER ET AL., 2006).

### **3.2.5.4 Mimokořenová výživa cukrové řepy**

Mimokořenová výživa vedla ke zvýšení výnosu u všech ošetřených variant. Hlavní funkce kořenového systému spočívá v příjmu vody a v ní rozpuštěných živin. Minerální ionty mohou být přijímány všemi nadzemními orgány rostliny, listy, stonky i květy. Hlavní funkcí listového povrchu je příjem oxidu uhličitého a absorpce sluneční energie. List ale může sloužit i k mimokořenové výživě živinami přijímanými kořeny. Hlavním místem pro vstup živin do volného prostoru listu jsou póry a ektodezma, které procházejí buněčnou stěnou. Kutikula má dostatek těchto hydrofilních pórů, kterými prochází voda a v ní rozpuštěné živiny (HŘIVNA, CERKAL, 2009).

Jen některé ionty ( $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , fosfát) mohou být vedeny do celé rostliny podobně jako ionty přijaté z půdy kořenovou soustavou. Jiné ionty ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) jsou téměř nepohyblivé. Ionty v roztoku aplikované postřikem prostupují do pletiv rostliny přes pokožku (epidermis) stejně, jako dešťová voda při zavlažování postřikem. Mimokořenovou výživu lze chápat jako doplňkovou výživu rostlin při bezprostřední spotřebě, především při nedostatku určitých iontů v určité fázi růstu a vývoje rostlin čili pro dodání především mikrobiogenních prvků se značnými ztrátami (KRPEŠ, 2005).

Efektivnost uplatnění jednotlivých živin při mimokořenové výživě je pak dána stavem porostu a mohutností jeho listové plochy, koncentrací dané živiny a množstvím aplikovaného postřiku na hektar (HŘIVNA, CERKAL, 2009).

Využití mimokořenové výživy v praxi je u jednotlivých druhů rostlin dále závislé na morfologicko-anatomické stavbě rostliny, na fyziologických zvláštích druhu, na povětrnostních podmínkách (po dešti, po navlhčení se hydratací zvyšuje propustnost kutikuly, která bobtná; pro propustnost buněčných stěn jsou poměrně dobře vodivé pektinové látky), na koncentraci minerálních iontů i jiných vlastnostech použitého roztoku. Na listech zůstává po vyschnutí vody však 70 až 80 % použitých minerálních látek jako usazeniny. Různé rostliny snášejí různé koncentrace hnojiv, např. jablono 0,6 a rajče 0,5 % močovinu, len 4 % roztok síranu amonného, brambor 1,5 až 2 % roztok síranu manganatého, cukrovka 3 % roztok fosforečnanu amonného. Překročením určité koncentrace roztoku však dochází k poškození ("popálení") listu (KRPEŠ, 2005).

### **3.2.6 Uplatnění biologicky aktivních látek**

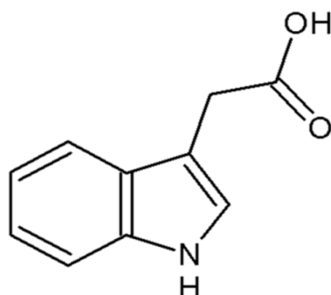
#### **3.2.6.1 Auxiny**

Auxiny v rostlině regulují celou řadu procesů, především růst, dělení a diferenciaci rostlinných pletiv. V rostlině jsou auxiny syntetizovány z tryptofanu a jsou obsaženy ve velmi malých koncentracích, především ve vegetačním vrcholu. Jejich koncentrace ve vyváženém poměru je řízena fyziologickými mechanismy, které regulují jejich biosyntézu, konjugaci a jiné způsoby degradace (JURSÍK ET AL., 2011).

Přírodní auxiny představuje malá skupina strukturně podobných látek: kyselina indolyl-3-octová – IAA, kyselina indolyl-3-máselná – IBA, kyselina 4-chlorindolyl-3-octová – 4-Cl-IAA a kyselina fenyl-octová – PAA, jejíž výskyt však není obecný. Strukturních analogů je celá řada, např. kyselina 2,4-dichlorfenyl-octová (2,4-D), kyselina  $\alpha$ -naftyl-octová -NAA (GUREL, WREN, 1995).

Auxin podporuje prodlužování buněk. Účinné koncentrace pro buňky stonkových internodií jsou  $10^{-5}$  až  $10^{-6}$  M. Prodlužování buněk kořene auxin v těchto koncentracích inhibuje, dloužení buněk kořene vyvolá auxin v koncentracích o několik řádů nižších ( $10^{-9}$  až  $10^{-10}$  M). Auxin stimuluje tvorbu laterálních i adventivních kořenů. Auxin indukuje dělení buněk pericyklu, které vytvoří meristém a základ postranního kořene. Také pro další růst kořene je auxin nezbytný. Růstové regulátory charakteru auxinu se používají běžně v zahradnické praxi pro zakořeňování řízků při vegetativním množení rostlin. Auxin stimuluje diferenciaci vodivých pletiv a aktivitu kambia. Tyto

fyziologické fenomény, stejně jako ostatní efekty auxinu, jsou procesy komplexní a je v nich také doložena úloha cytokininů (GEORGE ET AL., 2008).



**Obr. 10** Strukturní vzorec molekuly IAA (kyselina indolyl-3-octová) (WIKIPEDIE, 2007)

Auxin oddaluje opad listů (abscisi listů). Stěny buněk oddělovací vrstvy jsou enzymaticky narušeny a ztrácejí pevnost. Tyto procesy jsou inhibovány auxinem, který se tvoří hojně v čepeli mladých listů, s jejich stárnutím produkce auxinu klesá a v senescenci zcela ustává.

Auxin ovlivňuje i růst plodů. Zdrojem auxinu je nejprve vyvíjející se oplodí, potom endosperm a posléze embryo. Auxin je v embryích tvořen již ve velmi časných vývojových stádiích a je nezbytný pro polarizaci embryí. Při růstu plodů je úloha auxinů velmi komplexní (GEORGE ET AL., 2008).

Vliv auxinu na prodlužování buněk hraje významnou úlohu v pohybových reakcích, které odrážejí pozici zdroje vnějšího podnětu. Tyto reakce jsou způsobeny nerovnoměrným laterálním transportem auxinu v pletivu. Světelný signál pro fototropickou reakci je přijímán v senzitivních pletivech (prodlužovací zóna koleoptile, hypokotylu nebo internodia) fototropinem. Gradient fosforylace fototropinu indukuje laterální transport auxinu a vytvoří jeho gradient ve směru opačném ke gradientu fosforylace fototropinu. Vyšší koncentrace auxinu na „stinné“ straně způsobí v této oblasti rychlejší prodlužování buněk a ohyb orgánu ke zdroji světla. Gravitace je vnímána jako přemísťování určitých struktur – statolitů v buňkách senzitivních ke gravitaci – statocytech. Jako statolity mohou působit amyloplasty (škrobová zrna) nebo buněčné organely. V kořeni jsou statocyty především v kořenové čepičce. Pohyb statolitů je signálem pro cytoskelet, který informaci interpretuje změnami ve vnitrobuněčném transportu. Změny lokalizace proteinů PIN, provázející fototropické i gravitropické reakce, byly prokázány (SEIDLOVÁ, 2008).



Auxin inhibuje vývoj axilárních meristémů v pupeny a postranní stonky. Tento vztah mezi apikálním pupenem a pupeny axilárními se označuje jako apikální dominance. Nahrazení apikálního pupenu auxinem, aplikovaným např. v agarovém bločku, však obvykle inhibici revertuje jen částečně. Inhibice axilárních pupenů je velmi komplexní proces, zahrnující působení dalších signálů přicházejících z jiných částí rostliny, např. z listu i kořenů. Vývoj axilárních pupenů ovlivňují další fytohormony – cytokininy a kyselina abscisová. Auxinový signál, vycházející z apikálního pupenu, inhibuje biosyntézu cytokininů v axilárních pupenech. Při aktivaci axilárního pupenu endogenní hladina IAA v jeho buňkách stoupá a provází i vznik postranního stonku (GEORGE ET AL., 2008).

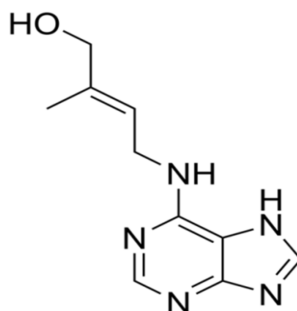
Biosyntéza může probíhat několika cestami. Jedna z nich vychází z tryptofanu a má několik větví, druhá, tzv. cesta nezávislá na tryptofanu, vychází z indolyl-3-glycerofosfátu. Výchozí látka je různá v různých typech pletiv i v jejich různých vývojových stádiích (JURSÍK ET AL., 2011).

Transport auxinů na krátké vzdálenosti je především membránový a polární. Auxin je jediný fytohormon transportovaný mezi buňkami polárně - ve stonku bazipetálně, v kořeni akropetálně. Ve stonku a listech je auxin takto transportován parenchymem vodivých pletiv. Na dlouhé vzdálenosti je transportován floémem nepolárně. Oba typy transportu spolu souvisejí. Auxin je z vodivých pletiv transportován také laterálně (radiálně) do vnějších vrstev primární kůry a do epidermis (GUREL, WREN, 1995). Auxin je používán v pěstitelské praxi pro manipulaci s růstem rostlin, například při zakořeňování. Používají se rovněž jeho deriváty, které se pro svoji větší chemickou stabilitu někdy lépe hodí pro konkrétní praktické účely (SEIDLOVÁ, 2008).

### **3.2.6.2 Cytokininy**

Cytokininy byly objeveny v 50. letech minulého století díky jejich schopnosti vyvolávat dělení buněk. Základním přírodním cytokininem je zeatin a cytokininy jsou obvykle definovány jako látky, které mají podobné biologické účinky jako zeatin. Většina cytokininů jsou aminopuriny (adeniny) substituované v pozici N<sup>6</sup> řetězcem pěti atomů C (zeatin) nebo aromatickým jádrem (benzyladenin), které může být dále modifikováno (3-hydroxybenzyladenin = topolin). Kinetin – chemicky furfuryladenin – obsahuje pětičlenný kruh s atomem kyslíku. V postranním řetězci zeatinu je dvojná

vazba a zeatin se může vyskytovat ve formě cis- nebo trans-, obě formy jsou přírodní a enzymaticky konvertovatelné. Forma trans je fyziologicky efektivnější. Další přirozené cytokininy jsou dihydrozeatin (DZ) a izopentenyladenin (iP). V současnosti je známo více než 200 přirozených a synteticky připravených látek s cytokininovou aktivitou (MISHUTKINA, GAPONENKO, 2006).



**Obr. 11** Zeatin (WIKIPEDIE, 2007)

Cytokininy se tvoří v kořenech, embryích, mladých listech a plodech, všude tam, kde se buňky dělí. Z hlavního místa jejich tvorby - kořenového apikálního meristému – jsou transportovány xylémem do nadzemní části ve formě inaktivních sacharidových konjugátů. Zdá se, že cytokininy nejsou mezi buňkami aktivně transportovány. Fyziologické efekty jsou velmi různé. Cytokininy mají zásadní význam pro dělení buněk. Hladina zeatinu se zvyšuje v mitóze a fázi G1. Cytokininy aktivují expresi genu CYCD3, který kóduje cyklin typu D (SEIDLOVÁ, 2008).

Zeatin, stejně jako ostatní cytokininy, je v rostlině přítomen volný nebo konjugovaný. Hormonálně aktivní jsou jen volné cytokininy. Konjugace se sacharidy cytokininy reverzibilně inaktivuje a má regulační charakter. Konjugáty mohou mít formu ribosidu, ribotidu nebo glykosidu. Volné cytokininy mohou být z různých konjugovaných forem různě rychle uvolňovány. Také některé tRNA obsahují cis-zeatin (GEORGE ET AL., 2008).

Cytokininy významně působí na transportní procesy v rostlině, atrahují asimiláty i aminokyseliny (jev zvaný mobilizace živin indukovaná cytokininy). Ovlivňují diferenciaci vodivých pletiv kořenu, především floému. Urychlují diferenciaci chloroplastů při deetiolaci, stimulují syntézu fotosyntetických pigmentů a proteinů fotosystému II i I. Oddalují senescenci listu, zpomalují odbourávání chlorofylu, inhibují tvorbu superoxidu a hydroxylových radikálů, čímž snižují oxidaci membránových lipidů a stabilizují thylakoidy (SEIDLOVÁ, 2008).

Cytokininy ovlivňují celkový habitus rostliny. Stimulují vývoj axilárních pupenů a výrazně snižují apikální dominanci. Zvětšují plochu listu tím, že stimulují objemový růst jeho buněk, naopak inhibují prodlužování buněk internodií a kořenů. Cytokininy jsou nevratně odbourávány cytokinin oxidázou, která odštěpuje postranní řetězec (formy trans- i cis-). Všechny úrovně regulace exprese genu kódujícího tento enzym představují významnou oblast řízení vývojových procesů. Biosyntéza zeatinu vychází z ATP nebo ADP, na který je v pozici N<sup>6</sup> navázána izopentenyllová skupina. Reakci katalyzuje enzym izopentenyl transferáza – IPT. Z produktu této reakce je odvozen zeatin a další cytokininy (GEORGE ET AL., 2008).

### **3.2.6.3 Elicitory**

Elicitem v biologii rozumíme sloučeninu, která je schopna stimulovat tvorbu (biosyntézu) jiné sloučeniny uvnitř buněčného organismu. Stimulací je myšlena buď funkční aktivace příslušné sloučeniny, nebo aktivace syntézy žádané sloučeniny. Zatímco hormony jsou obvykle produkty organismu určené k aktivaci biochemických změn na jiném místě stejného organismu, jsou elicitory vnější signální aktivátory k tvorbě příslušné sloučeniny. Elicitory tedy oproti hormonům nejsou obvykle součástí organismu, který žádanou látku produkuje. Příkladem elicitoru je kyselina jasmonová, která stimuluje biosyntézu delta-viniferinu v buněčné kultuře vinné révy. Dalším příkladem elicitoru je chitosan, který se uplatňuje v zemědělství jako přírodní ochránce proti škůdcům rostlin. Mezi důležitá využití elicitorů patří zemědělsko-průmyslová resp. zemědělsko-farmakologická produkce vybraných rostlinných sloučenin (KRIŽNIK, PAVOKOVIC, 2010).

Mohou to být abiotické elicitory jako jsou ionty kovů a elicitory biotické původem z hub, bakterií, virů nebo herbivorů, komponenty rostlinných buněčných stěn, stejně jako látky uvolňované rostlinami při napadení patogeny či herbivory. Pokud jsou to látky patogenního původu, nazývají se exogenní nebo mikrobiální elicitory, pokud jsou to látky uvolňované rostlinami, jako následek napadení patogeny, označujeme je jako endogenní elicitory či elicitory hostitelských buněk. Abiotické elicitory můžeme rozřadit do skupiny fyzikálních faktorů nebo chemických látek nebiologické povahy. Biotické elicitory mají buď definované složení, kdy jsou známy jejich molekulární struktury nebo mají složení komplexní, kdy se skládají z několika různých součástí tak,

že je nemožné jejich konkrétní chemickou povahu postihnout. V užším slova smyslu se setkáme s elicitory pouze jako s fragmenty komponentů buněčných stěn rostlin a hub, bakteriálními, virovými či herbivorními látkami, či jejich syntetickými analogy s elicitací aktivitou (RUDRAPPA ET AL., 2006).

Mikrobiální elicitory mohou být podle rozsahu napadaných rostlin klasifikovány do dvou skupin: na specifické a nespecifické elicitory. Nespecifické elicitory spouštějí obranou reakci v hostitelských i nehostitelských rostlinách. Naproti tomu specifické elicitory indukují obranné odpovědi vedoucí k rezistenci proti patogenům pouze ve specifických hostitelských kultivarech. Specifické elicitory jsou zapojeny v signálních procesech modulovaných prostřednictvím genů rezistence, zatímco nespecifické elicitory mohou zaujímat část v signální dráze základní rezistence. Mohou být produkovány nekrotrofními, hemibiotrofními i biotrofními patogeny. Molekuly elicitorů byly zaznamenány i v některých saprofytech a kvasinkách. Je známo, že ošetření rostlin elicitory, nebo napadení inkompatibilními patogeny způsobí řadu obranných reakcí včetně akumulace řady sekundárních metabolitů, spojených s obranou rostlin. Elicitory jsou z hlediska rostlinných patogenů determinanty avirulence. Po chemické stránce patří mezi nejdůležitější elicitory oligosacharidy, dále oligogalakturonidy, proteiny a molekuly derivované z lipidů (SAVITHA ET AL., 2006).

### Oligosacharidy

Oligosacharidy byly první lépe popsané elicitory. Byly identifikovány čtyři hlavní skupiny oligosacharidů, které se chovají jako elicitory: oligoglukany, oligochitiny, oligochitosany ze sacharidů pocházejících z patogenu a oligogalakturonidy jako sacharidy původem z rostliny.  $\beta$ -glukany jsou hlavní komponenty buněčných stěn řady hub. Flieghmann et al., (2004) uvádějí jako příklad rozvětvený (1,3-1,6)-hepta- $\beta$ -glukosid, který je nejmenší molekulou oligoglukosidu schopnou elicitace. Byl izolovaný ze stěny mycelií *Phytophthora sojae* po enzymatické hydrolýze (FLIEGMANN ET AL., 2004).

Chitin je lineární polymer tvořený 1,4-spojenými jednotkami N-acetyl- $\beta$ -glukosaminu, hlavní polysacharid buněčných stěn většiny vyšších hub. Je to nerozpustný polymer, ale pokud dojde k jeho degradaci rostlinnými chitinázami, jeho fragmenty mohou sloužit jako elicitory. Oligogalakturonidy jsou během napadení patogeny uvolňovány pravděpodobně z homogalakturonanu, pektinového polysacharidu

složeného ze zbytků  $\alpha$ -D-galaktosaminu a uronové kyseliny spojených 1,4-vazbou, které představují významné komponenty buněčných stěn vyšších rostlin a mohou být endogenními elicitory. Řada rostlin rozpoznává oligogalakturonidy s 8-15 zbytky uronové kyseliny jako signální látky, které se účastní obranné reakce, ale i při vývojových procesech či poranění (ZHAO ET AL., 2005).

#### Glykopeptidy, glykoproteiny, peptidy a proteiny

Byla izolována řada bílkovinných elicitorů vykazující rozdílný stupeň specifity. V některých případech to mohou být glykopeptidy, glykoproteiny nebo volné N-vázané oligosacharidy odvozené z glykoproteinů. Kromě látek obsahujících v molekule sacharidovou složku, mohou jako elicitory sloužit i peptidy nebo proteiny samotné. Takovými elicitory jsou například složky, které slouží jako elicitory v nehostitelských rostlinách, například harpiny, skupina proteinů sekretovaná z fytopatogenních gramnegativních bakterií (ZHAO ET AL., 2005).

##### ➤ *Elicitiny*

Elicitiny jsou elicitory, produkované patogenními oomycetami rodu *Phytophthora*. Jsou to vysoce konzervované malé proteiny. Aplikace elicitinů na senzitivní rostliny vede k typické obranné odpovědi jakou je hypersenzitivní reakce, produkce fytoalexinů, exprese PR proteinů, a následný vznik získané systémové rezistence. Strukturně jsou elicitinu podobné proteinům transportujícím lipidy a přenašečům sterolů, ačkoliv jejich primární struktura je od nich odlišná. Jsou to malé hydrofilní holoproteiny obsahující 98 aminokyselin. Jsou klasifikovány do dvou tříd:  $\alpha$ -elicitiny (kyselé; pI=3-5) a  $\beta$ -elicitiny (zásadité; pI=7-9). V primární struktuře proteinů chybí tryptofanová, histidinová a argininová rezidua, některých aminokyselin mají zato větší množství. Konkrétně serinu a treoninu (které reprezentují přibližně 30 % složení), o něco méně zastoupeného alaninu (více než 10 %) a leucinu (10 %). Šest cysteinových zbytků se vyskytuje v konzervovaných pozicích a umožňují vznik třem disulfidickým můstkům (ZHAO ET AL., 2005).

##### ➤ *Kapsicein*

Kapsicein je  $\alpha$ -elicitin. Tři disulfidické můstky jsou zodpovědné za značnou stabilitu. Je to protein o 10,161 kDa a pI 3,5. Sekundární struktura je charakteristická

pěti helixy a strukturou skládaného listu. Čtyři helixy jsou antiparalelní, jeden je paralelní ke struktuře skládaného listu. Kapsicein je asi stokrát méně toxický než zástupci  $\beta$ -elicitinů, ale také působí už v malých množstvích (ZHAO ET AL., 2005).

➤ *Kryptogein*

Je to globulární protein obsahující pět helixů, malý antibaralelní beta-skládaný list a  $\omega$  smyčku. Všechny tyto struktury jsou spojeny disulfidickými a vodíkovými můstky. Kryptogein interaguje s vysokou afinitou s vazebnými místy na plazmatické membráně tabáku. Jeho receptor je glykosylovaný heterodimerický protein. Percepce je následována aktivací proteinkináz, nebo inhibicí proteinfosfatáz, což má za následek influx vápenatých iontů. V prvních pěti minutách po elicitaci vykazuje téměř 20 fosfoproteinů zvýšenou fosforylaci. Extracelulární influx  $\text{Ca}^{2+}$ , závislý na aktivaci proteinkináz, spouští produkci aktivních forem kyslíku, dále se zvýší produkce NO, dojde k změnám v toku  $\text{K}^+$  a  $\text{Cl}^-$ , depolarizaci plazmatické membrány, inhibici příjmu glukosy a depolimerizaci mikrotubulů. Influx  $\text{Ca}^{2+}$  může vést i k inhibici  $\text{H}^+$ -ATPáz a okyselení cytosolu (ZHAO ET AL., 2005).

### Lipidy

Jako významné lipidové elicitory patří např. ergosterol, alkanoly, alkan-1,3-dioly, některé hydroxymastné kyseliny, chitosan a některé nenasycené mastné kyseliny (ZHAO ET AL., 2005).

➤ *Ergosterol*

Ergosterol způsobuje změny pH v extracelulárním prostoru, oxidativní vzplanutí a syntézu fytoalexinů. Ve srovnání se změnami aktivovanými působením kryptogeinu byla akumulace fytoalexinů vyšší, zatímco změny pH byly méně znatelné. U kryptogeinu dochází k masivnímu odčerpávání vápenatých iontů odpovědných za zesílení buněčné stěny z média. Zatímco u ergosterolu dochází ke stejnému efektu prostřednictvím mobilizace buněčných zásob. Obecně se vápenaté kanály vyskytují v plazmatické membráně, v tonoplastu, v membráně endoplazmatického retikula, jaderné či plastidové membráně. Ergosterol na rozdíl od kryptogeinu neovlivňuje vápenaté kanály nacházející se v plazmatické membráně.

Použitím inhibitorů vápenatých kanálů a inhibitorů proteinkináz bylo zjištěno, že elicitace ergosterolem zahrnuje mobilizaci vnitřních vápníkových rezerv zprostředkovanou 1,4,5-trifosfátem a serinovými/treoninovými proteinkinázami na rozdíl od kryptogeinu, který interaguje s receptory umístěnými na povrchu plazmatické membrány. Gradient pH může vznikat několika způsoby. Acidifikace cytosolu může být způsobena oxidací NADPH a odčerpáváním protonů enzymem superoxid dismutázou vedoucí k alkalizaci extracelulárního média. Inhibice nebo aktivace H<sup>+</sup>-ATPáz jako jeden z důsledků elicitace může také přispívat ke změnám pH (ZHAO ET AL., 2005).

### Signální molekuly

#### ➤ *Kyselina jasmonová*

Kyselina jasmonová a její ester metyljasmonát vznikají rozkladem linolenové kyseliny. Slouží jako sekundární poslové, kteří modulují několik fyziologických procesů v rostlinách, včetně vývoje kořenů, při senescenci a při obranných reakcích rostlin proti napadení patogeny či herbivory. Spouštějí či podporují syntézu řady sekundárních metabolitů. V těchto procesech je velmi důležitý komplex kyselina jasmonová-isooleucin, který selektivně reguluje proteolýzu proteinů schopných blokovat účinek transkripčních faktorů aktivujících geny zodpovědné za tvorbu jasmonové kyseliny. Jasmonová kyselina je jeden z často využívaných elicitorů (ZHAO ET AL., 2005).

#### ➤ *Kyselina salicylová*

V rostlinách se vyskytuje salicylová kyselina ve dvou formách, a to jako volná a konjugovaná. Konjugované formy v rostlinných pletivech zahrnují metylsalicyláty, glukosidové estery a sloučeniny s aminokyselinami. Uvádí se tyto konkrétní deriváty, se kterými se můžeme u rostlin setkat: 2-O-β-D-glykosid, který je převládajícím derivátem kyseliny salicylové, 2,5-dihydroxybenzoová kyselina, 2,3-dihydroxybenzoová kyselina, metylsalicylát a glukosový ester kyseliny salicylové. Konjugace může hrát roli při detoxikaci salicylové kyseliny. Salicylová kyselina byla v řadě experimentů použita jako elicitor pro indukci syntézy sekundárních metabolitů (ZHAO ET AL., 2005).

### 3.3 Technologická jakost cukrovky

Technologická jakost cukrovky je komplex znaků zahrnujících biologické, chemické, fyzikálně-chemické a mechanické vlastnosti bulvy cukrovky, které rozhodují o skladování a zpracování při dosažení maximální výtěžnosti a výnosu bílého cukru.

Technologická jakost cukrovky zahrnuje tyto vlastnosti:

- Z biologických vlastností jsou to hlavně tvar, velikost a hmotnost bulvy, její technologická vyzrálost, zdravotní stav a rezistence vůči skládkovým chorobám.
- Z vlastností chemických jsou nejdůležitější obsah sacharózy (cukernatost) a obsah necukrů, zejména solí sodných a draselných, dusíkatých látek (amidů a volných aminokyselin) a redukujících cukrů (invertů).
- Z fyzikálně-chemických vlastností je to především pH a turgor (osmotický tlak) buněčné šťávy a její barva.
- Z mechanických vlastností pak pružnost, pevnost a odpor k řezání (PELIKÁN ET AL., 1999).

#### 3.3.1 Hlavní ukazatele technologické jakosti

Za významné ukazatele technologické jakosti považujeme analytické hodnoty: digesce, rozpustný popel, škodlivý dusík a také obsah invertu. Tyto ukazatele slouží jako hlavní kritéria pro výpočet dalších nezbytných ukazatelů jakosti. Jedná se tedy o ukazatele, které přímo charakterizují kvalitu cukrovky (PELIKÁN ET AL., 1999).

➤ **Digesce** (Dg). Udává obsah cukru v hmotnostních procentech sacharózy stanovené polarimetricky. Pojem digesce se používá při hodnocení cukernatosti suroviny tj, cukrovky nebo řepných řízků. Pokud hodnotíme obsah sacharózy v cukrovarských meziproduktech a produktech používáme pojem polarizace. Průměrné hodnoty obsahují 15 – 20 % (DRAYCOTT, CHRISTENSON, 2003).

➤ **Rozpustný popel**. Obsah rozpustného popela vyjadřuje obsah rozpustných popelovin v řepné bulvě. Rozpustný popel se stanoví konduktometricky v % na řepu nebo jako obsah K a Na v mmol.100g<sup>-1</sup> řepy stanovený na plamenném fotometru. U jakostní cukrovky se pohybuje v rozmezí 0,25 – 0,45 %. Někdy se stanovuje přímo obsah sodíku (0,3 – 1,3 mmol) a draslíku (3,0 – 5,0 mmol). Jedná se o popeloviny, které se nedají při čištění řepné šťávy odstranit a působí melasotvorně.



➤ **Alfa-aminodusík** – tzv. „škodlivý dusík“. Je tvořen dusíkatými látkami, které projdou do lehké šťávy a působí melasotvorně. Jedná se o všechen dusík řepy po odečtení dusíku bílkovin a dusíku amoniaku a části dusíku amidů, jež se uvolňuje při saturaci. Stanoví se kolorimetricky a vyjadřuje se v mg na 100 g řepy. Průměrný obsah bývá 1 – 3,5 mmol.

➤ **Invertní cukr**. Stanoví se jako redukující cukry Fehlingových roztoků titrační metodou a vyjadřuje se v %.

Tato jednotlivá kritéria významně ovlivňují zpracovatelnost cukrovky. Za základní je považován tzv. B faktor. Tento faktor udává výtěžnost bílého cukru a udává jí jako produkci rafinády v % na hmotnost cukrové řepy (PELIKÁN ET AL., 1999).

#### **Výpočet B faktoru [%]**

$$B = Dg - Z - 4 \cdot P_p$$

Vysvětlivky

B – B faktor

Dg – digesce v °S stanovená polarimetricky

Z – ztráty cukru (0,8 – 1,2)

P<sub>p</sub> – rozpustný popel

Podobně lze vypočítat produkci melasy s 50 % polarizací na hmotnost zpracované řepy. Jedná se o M faktor, který vychází z obsahu rozpustného popela stanoveného v řepné bulvě.

#### **Výpočet M faktoru [%]**

$$M = 11 \cdot (P_p - 0,12)$$

Vysvětlivky

M – M faktor

P<sub>p</sub> – rozpustný popel

Objektivním kritériem zralosti cukrovky je MB faktor, který vyjadřuje množství vyrobené melasy v procentech, které vznikne při výrobě 100 kg bílého cukru. Čím je nižší MB faktor, tím je vyšší vyžralost (tab. 2) a jakost cukrovky.

### Výpočet MB faktoru

$$MB = 800 \cdot P_p / (Dg - Z - 4 \cdot P_p)$$

Vysvětlivky

MB – MB faktor

$P_p$  – popel cukrovky v %

Dg – digesce v °S stanovená polarimetricky

Z – ztráty cukru (0,8 – 1,2)

Čím je B faktor vyšší a M a MB faktor nižší, tím je cukrovka jako surovina pro výrobu cukru kvalitnější.

**Tabulka 2:** Technologická kvalita cukrovky (PELIKÁN ET AL., 1999)

Technologická kvalita cukrovky	Hodnota MB faktoru
Vynikající	12-18
Dobrá (v září)	20-30
Dobrá (v říjnu)	18-28
Nezralá a poškozená řepa	25-40
Nevyhovující, alterovaná řepa	80-150

Vyzrállost cukrovky je podmíněna délkou vegetační doby a dobou sklizně a může ovlivnit chemické složení bulev, výtěžnost rafinády a MB faktor. Čím je řepa vyzrálejší, tím je jakostnější (má méně škodlivých necukrů, nižší MB faktor a vyšší pH). Tyto ukazatele zejména MB faktor, jsou v praxi kritériem pro určení optimální doby sklizení. U jakostní řepy má MB faktor hodnotu 12 – 18, u méně jakostní 30 a více.

Rozdíl mezi teoretickým obsahem cukru a skutečně získatelným cukrem, tj. výtěžnost rafinády, který charakterizuje ztrátu cukru v melase. V současnosti je nahrazován vzorcem vypracovaným v Braunschweigu.

### Výpočet ztráty výtěžnosti (%)

$$\text{Ztráta výtěžnosti (\%)} = 0,12 \cdot (c_K + c_{Na}) + 0,24 \cdot c_{\alpha N} + 0,48 + 0,6$$

Vysvětlivky

$c_K$  – koncentrace draslíku v mmol/100 g řepy

$c_{Na}$  – koncentrace sodíku v mmol/100 g řepy

$c_{\alpha N}$  – koncentrace alfa-aminodusíku v mmol/100 g řepy

Technologická jakost cukrovky je dána komplexem faktorů, které významně ovlivňují její zpracovatelnost a rozhodují o celkové výtěžnosti cukru (PELIKÁN ET AL., 1999). Onemocnění, hmyz a plevel snižují kořenové výnosy a kvalitu cukrovky. Důležité pro zpracovatele jsou i změny během skladování cukrové řepy, které snižují obsah sacharózy. Pro zpracovatelskou jakost cukrovky mohou přispět již sami pěstitelé tím, že dodávají čisté kořeny bez listového materiálu a starají se o minimalizaci mechanického poškození kořenů (CAMPBELL, 2002).

## 4 MATERIÁL A METODY

### 4.1 Materiál

V průběhu roku 2014 byl založen maloparcelní polní pokus ve kterém bylo ověřováno uplatnění hnojiv určených pro listovou výživu cukrovky. Byla sledována tvorba výnosu bulev a jejich kvalita v průběhu vegetace.

#### 4.1.1 Použitá odrůda cukrovky

K pokusům byla použita odrůda cukrovky *Panorama*. Je to cukrovka, která patří do skupiny přechodného NC – typu. Je to odrůda velmi univerzální, Charakteristický je pro ni vysoký výnos cukru, velmi dobrá technologická jakost, která je dána nízkým obsahem popelovin a škodlivého dusíku. Pozitivní je to, že je odolná vůči rizománii a háďátkům.

#### 4.1.2 Použitá hnojiva a přípravky

V pokusu byl použit podpůrný přípravek *NanoFyt a* listové hnojivo *K-Gel*.

**NanoFYT Si<sup>®</sup>** je pomocný přípravek obsahující stabilizované nanočástice SiO<sub>2</sub>, určené pro mimokořenovou výživu postřikem na list. Tento přípravek je určen k rychlému dodání křemíku u obilovin. Křemík zvyšuje pevnost stěn rostlinných buněk, což se projevuje zvýšením tuhosti kutikuly listů a zvýšenou tolerancí ke škůdcům a nemocem. Snižuje se tím i výpar vody v suchém období. Přípravek obsahuje jako formulační látky také přírodní estery, přičemž aplikace komplexu nanočástic obsahujících křemík spolu s těmito přírodními estery působí příznivě na kondici pěstovaných kultur a výrazně přispívá k omezení biotických a abiotických stresů během vegetace (Tab. 3).

**Tabulka 3:** Charakteristika přípravku NanoFYT Si<sup>®</sup>

20 % (mm/mm) SiO <sub>2</sub>	Hydratované nanočástice SiO <sub>2</sub>	230g/l
pH	8,00 – 10,00	

Listové hnojivo **K-gel 175** je určeno pro podporu procesů fotosyntézy především v pozdních fázích vegetace s prodlouženou účinností díky gelotvorné složce. Aplikuje

se v době, kdy je plně vyvinut listový asimilační aparát a jeho funkčnost rozhoduje o intenzitě tvorby cukerných složek v zásobních (hlízy, bulvy) či generativních (zrno obilnin) orgánech. K-gel 175 je určen k ošetření neaktivnějších částí rostlin, které jsou nejvíce vystaveny dopadajícímu světelnému záření.

#### **Složení:**

**Živiny:** draslík a síra ( $K_2O$ : 175 g/l, S: 58 g/l) a organické gelotvorné látky. Všechny složky jsou v plně rozpuštěných aktivních formách.

**Organické látky:** U běžných listových hnojiv, vzhledem ke značným výkyvům vlhkosti vzduchu v době aplikace, dochází k rychlému vysychání postřikové jíchy a tím k znepřístupnění živin, které ulpěly na listech. U gelových hnojiv gelotvorná složka zajišťuje lepší přilnavost postřikové jíchy k povrchu listů a zároveň zpomaluje vysychání a ztrátu vody. Tím je omezena krystalizace a následné riziko spadu živin ve formě krystalů z povrchu listů na zem. Při opětovném zvýšení vlhkosti gel jímá vodu a krystaly živin se opět rozpouštějí a obnovuje se proces vstupu živin do listů. K-gel 175 obsahuje smáčedlo, které výrazně zvyšuje kontaktní plochu postřikové jíchy a povrchu listů. Tím dochází k vyššímu účinku živin a v případě vzájemných kombinací i přípravků na ochranu rostlin.

## **4.2 Charakteristika pozemku a agrotechnické údaje**

Pokus byl založen na pozemku patřícím do katastru ZD Agrospol Velká Bystřice jako maloparcelkový. Pozemky se nachází v klimatickém regionu mírně teplém, mírně vlhkém. Půda je středně těžká, půdní typ hnědozem. Aktuální průběh povětrnosti v nejvýznamnějších měsících uvádí Tabulka 4.

Na podzim bylo provedeno zapravení posklizňových zbytků střední orbou (pšenice ozimá), před zaorávkou bylo na slámu aplikováno hnojivo Beta-liq (3 t/ha). Dále byla aplikována P a K-hnojiva (1,8 q/ha draselná sůl, 1,5 q /ha Superfosfát trojitý). Před setím (10. 3. 2014) byla provedena aplikace N-hnojiv v dávce 2 q/ha LAV 27.

**Tabulka 4:** Průběh povětrnosti v nejvýznamnějších měsících

Rok	Měsíc	Průměrná teplota (°C)	Úhrn srážek (mm)	Max	Min
2013	září	13,5	88	27,5	1,6
	říjen	10,7	47,4	21,7	-2
	listopad	5,3	43	17,5	-5,8
	prosinec	1,9	15,1	15,2	5,3
2014	leden	1,4	30,2	14,5	-13,5
	únor	3,6	18	12,2	-5,3
	březen	9,1	23,8	22,8	-1,7
	duben	11,9	52	25,2	-0,2
	květen	14,5	66,6	28,3	-0,2
	červen	18,3	47,8	36,1	6,6
	červenec	21,8	70,8	34,4	9,8
	srpen	18,2	85,5	31,9	5,8

Setí proběhlo 20. 3. 2014. Výsevек činil 1,17 výsevních jednotek na hektar. Setí bylo provedeno na přesnou vzdálenost 18,8 cm. Sklizeň byla provedena 24. 10. 2014. Agrochemické vlastnosti pozemku prezentuje Tabulka 5.

**Tabulka 5:** Agrochemické vlastnosti pozemku

kritérium	pH	P	K	Mg	Ca	K:Mg
obsah	6,5	94,5	348	138	2093	2,52

*Poznámka: Obsah živin byl stanoven dle Mehlich III v mg·kg<sup>-1</sup>*

Varianty pokusu, dávky a termíny aplikace jsou uvedené v Tabulce 6. Aplikace hnojiv proběhla ve 3 termínech. První aplikace byla provedena zádovým postřikovačem 18. 7. 2014, druhá 6. 8. 2014 a třetí 19. 8. 2014.

**Tabulka 6:** Schéma pokusu

<b>Var.</b>	<b>1. aplikace</b> 18.7.	<b>2. aplikace</b> 6.8.	<b>3. aplikace</b> 19.8.
<b>1</b>	kontrola		
<b>2</b>	NanoFYTSi 0,5 l/ha	--	NanoFYT Si 0,5 l/ha
<b>3</b>	--	--	NanoFYT Si 0,5 l/ha
<b>4</b>	--	K-Gel 175 5 l/ha	NanoFYT Si 0,5 l/ha

V průběhu vegetace byly prováděny některé další agrotechnické operace nad rámec pokusu. Při setí byl aplikován Pyramin Turbo v dávce 4,5 l/ha. 26. 4. 2014 byla provedena aplikace herbicidů Betasana (3 l/ha), Goltix (2 l/ha), Stemat (0,3 l/ha), Lonthrel (0,1 l/ha) a smáčedla Trend. Další aplikace herbicidů byla provedena 1. 5. 2014 a to Betasana (2,5 l/ha), Goltix (1,5 l/ha), Oblix (0,3 l/ha), Lonthrel (0,15 l/ha). Dne 20. 5. 2014 bylo aplikováno dusíkaté hnojivo LADSA v dávce 250 kg/ha.

### 4.3 Odběry a analýzy

V průběhu vegetace byly odebírány vzorky rostlin. Odběry byly provedeny ve dnech 24. 7., 5. 8., 5. 9., 19. 9. 2014., kdy byly z každé varianty odebrány 3 rostliny. Byla stanovena hmotnost chrástu a bulev. Z technologických parametrů byla stanovena cukernatost a obsah alfa-aminodusíku. Sklizeň proběhla 10. 10. 2014. Z každé varianty bylo odebráno 10 rostlin ve 3 opakováních. Byla stanovena sklizňová plocha a proveden přepočet na výnos z hektaru.

Kořen byl podroben technologickým analýzám. Byla stanovena digesce a obsah alfa-aminodusíku v laboratoři Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně. Hodnota alfa-aminodusíku byla určena na přístroji spektrofotometr Konica Minolta CM 3500d. Digesce byla změřena na přístroji POLAMAT – S. Sklizeň byla provedena ve sklizňové zralosti ručně. U řep byl při konečné sklizni stanoven mimo výše uvedených technologických parametrů i obsah draslíku (*cK*) a sodíku (*cNa*) ve šťávě. Na základě těchto kritérií byl proveden výpočet podílu cukru v melase (PCM).

$$\text{PCM} = 0,12 \times (cNa + cK) + 0,24 \times aN + 0,48$$

Byla stanovena produkce polarizačního cukru z hektaru a po odečtení ztrát cukru v melase i produkce rafinády (B).

$$B = \frac{[Dg - (\text{PCM} + 0,31)] \times \text{výnos bulev}}{100}$$

#### 4.4 Zpracování výsledků

Výsledky odběrů prováděných během vegetace byly zpracovány do tabulek. Vlastní sklizeň pak byla statisticky vyhodnocena a výsledky byly vyjádřeny pomocí grafů. Statistické hodnocení výsledků proběhlo metodou ANOVA (STÁVKOVÁ, DUFEK, 2005). Pro hodnocení byl využit software Statistica 12.0 (StatSoft, Inc.).



## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Vegetační pozorování, hodnocení dynamiky růstu bulv a změny kvality cukrovky

I když setí pokusu proběhlo již v březnu, první aplikace přípravků byla provedena až ve druhé dekádě měsíce července. V tomto období má cukrovka nejmohutnější listový aparát a dá se předpokládat, že aplikované přípravky a hnojiva budou směřovány přes list přímo do rostliny a budou maximálně využity (RICHTER, 2004). Důležitým předpokladem působení jednotlivých živin je to, aby roztok zasáhl co největší plochu rostliny a zůstal tam co nejdelší dobu (HŘIVNA ET AL., 2012). To jsme očekávali u obou použitých přípravků, které navíc obsahují látky fixující přípravek na ploše listu, čímž se dále umocní účinek aplikace

Přítom mechanismus vstupu živin do rostliny nadzemními orgány je podobný jako u kořenů (VANĚK ET AL., 2002).

Dne 24. 7. 2014 byly odebrány vzorky cukrovky z kontrolní varianty. Detail rostlin byl vyfotografován (Obr. 12).

I z obrázku můžeme vidět, že hmotnost bulv ještě nebyla příliš vysoká a pohybovala se na úrovni 332 g. Chrást byl mohutný a oproti kořenu měl hmotnost vyšší o cca 200 g. Obsah cukru v bulvách byl poměrně vysoký a pohyboval se na úrovni cca 16 % (Tab. 7). To koresponduje s tvrzením HŘIVNY ET AL., (2003), PULKRÁBKA ET AL., (2007), kteří uvádějí, že v první polovině vegetace roste především listová plocha a teprve poté se začne intenzivně tvořit kořen.

**Tabulka 7:** Rozbor cukrovky (odběr 24. 7. 2014)

Var.	Hmotnost bulvy (kg)	Hmotnost chrást (kg)	Obsah cukru (%)	$\alpha$ -dusík (mg/100g)
K	0,332	0,539	15,9	20



**Obr. 12** Detail rostlin (odběr 24. 7. 2014)

Druhý odběr cukrovky byl proveden dne 5. 8. 2014. Cílem tohoto odběru již bylo zjistit, zda se začala nějakým způsobem projevovat na tvorbě biomasy aplikace přípravku NanoFyt Si. Byly tedy odebrány vzorky cukrovky z kontrolní varianty a varianty 2. Detail rostlin byl vyfotografován (Obr. 13). Výsledky rozboru ukázaly na poměrně intenzivní růst i tvorbu cukru od posledního měření (Tab. 8), výrazně se projevila i aplikace přípravku NanoFyt Si.

**Tabulka 8:** Rozbor cukrovky (odběr 5. 8. 2014)

Var.	Hmotnost bulvy (kg)	Hmotnost chrást (kg)	Obsah cukru (%)	$\alpha$ -dusík (mg/100g)
1	0,457	0,571	16,3	35
2	0,573	0,582	17,1	40



**Obr. 13** Detail rostlin (odběr 5. 8. 2014)

Po aplikaci přípravku NanoFyt Si došlo jak ke zvýšení obsahu cukru v bulvách, tak i jejich hmotnosti. Obecně je známo, že chrást přirůstá především v první polovině

vegetace, poté dochází k intenzivnímu růstu kořene a hmotnost chrástu se snižuje. Přitom obsah cukru v bulvě cukrovky roste intenzivně až ve druhé polovině vegetace (PULKRÁBEK, ET AL., 2007). Zajímavé na dosažených výsledcích je především to, že se prozatím hmotnost chrástu výrazněji nesnížila. Jak uvádí HŘIVNA ET AL., (2013) síla tohoto vztahu roste s termínem blížící se sklizně a zřejmě proto jsme tento stav prozatím nepozorovali.

Hned následující den byla provedena v pořadí 2. aplikace přípravků. Stav porostu můžeme vidět na následujícím obrázku (Obr. 14).



**Obr. 14** Detail porostu v době postřiku (6. 8. 2014)

S odstupem 14ti dnů byl proveden další odběr vzorků rostlin. Z výsledků uvedených v tab. je zřejmé, že přirůstala jak hmotnost kořene, tak i hmotnost chrástu. Tvorba výnosu i kvality cukrovky může být výrazně ovlivněna průběhem povětrnosti (BITTNER, 2012). Svou roli zde tedy zřejmě sehrál velmi srážkově i teplotně příznivý průběh v měsících červenci a srpnu. Jak uvádí HŘIVNA ET AL. (2003) srážky v červenci by měly dosahovat cca 75 mm a v srpnu 65 mm. V našem případě byly srážkové úhrny v srpnu ještě vyšší a to se odrazilo jak v růstu chrástu, tak i kořene (Tab. 9).

**Tabulka 9:** Rozbor cukrovky (odběr 19. 8. 2014)

Var.	Hmotnost bulvy (kg)	Hmotnost chrást (kg)	Obsah cukru (%)	$\alpha$ -dusík (mg/100g)
1	0,590	0,493	14,6	20
2	1,043	0,767	15,2	20
4	0,735	0,570	15,8	20



V důsledku intenzivního růstu kořene se snížila cukernatost, u variant s aplikovanými přípravky byla ale výrazně vyšší.

Po odběru vzorků byla provedena poslední aplikace přípravků. Detaily rostlin z jednotlivých variant byly vyfotografovány (Obr. 15).



**Obr. 15** Detail rostlin (odběr 19. 8. 2014)

Dne 5. 9. 2014 byl proveden další odběr vzorků cukrovky (Tab. 10). Porost byl vyfotografován (Obr. 16). Nejnižší hmotnost bulvy byla pozorována u kontroly. U všech hnojivů ošetřených variant byla hmotnost bulvy výrazně vyšší. Obsah cukru v bulvách byl s ohledem na termín odběru poměrně příznivý a pohyboval se v rozmezí od 16,8 do 17,4 %.

**Tabulka 10:** Rozbor cukrovky (odběr 5. 9. 2014)

Var.	Hmotnost bulvy (kg)	Hmotnost chrást (kg)	Obsah cukru (%)	$\alpha$ -dusík (mg/100g)
1	0,766	0,566	17,2	15
2	1,103	0,820	16,8	20
3	0,893	0,617	17,2	15
4	1,017	0,593	17,4	15



**Obr. 16** Detail rostlin (odběr 5. 9. 2014)

Dne 19. 9. 2014 byl proveden další odběr vzorků cukrovky (Tab. 11). Stav rostlin můžeme vidět na Obr. 17. Oproti předcházejícímu odběru se výrazně snížila hmotnost chrástu a potvrdily se tak závěry HRIVNY ET AL., (2013), který uvádí, že hmotnost

chrástu je přiměřená době odběru a zdůrazňuje, že síla tohoto vztahu roste s termínem blížící se sklizně.

**Tabulka 11:** Rozbor cukrovky (odběr 19. 9. 2014)

Var.	Hmotnost bulvy (kg)	Hmotnost chrást (kg)	Obsah cukru (%)	$\alpha$ -dusík (mg/100g)
1	0,777	0,483	16,6	10
2	1,133	0,477	17	15
3	1,180	0,533	16	15
4	1,133	0,410	16,2	10



**Obr. 17** Detail rostlin (odběr 19. 9. 2014)

Poslední odběr byl proveden 10. 10. 2014. Výsledky uvádí tabulka 12. Od posledního odběru se hmotnost bulev ještě zvýšila a dosahovala téměř dvojnásobku průměrné hmotnosti, kterou uvádí PULKRÁBEK ET AL., (2007).

**Tabulka 12:** Rozbor cukrovky (odběr 10. 10. 2014)

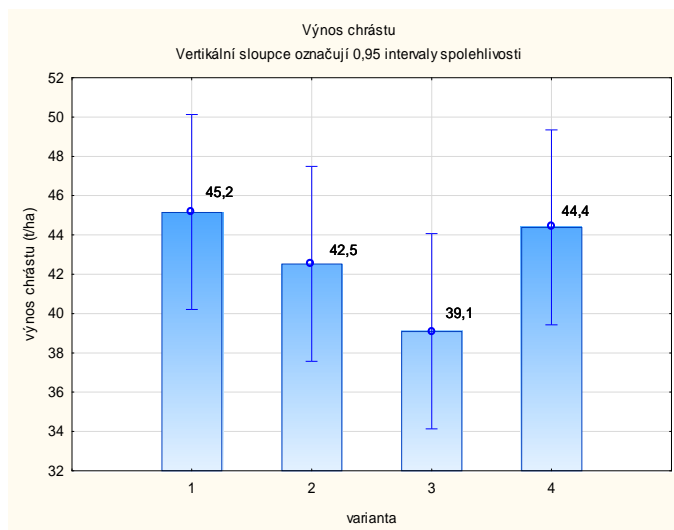
Var.	Hmotnost bulvy (kg)	Hmotnost chrást (kg)	Obsah cukru (%)	$\alpha$ -dusík (mg/100g)
1	0,803	0,397	17,8	15
2	1,240	0,440	17,2	25
3	1,383	0,563	16,8	25
4	1,333	0,510	17,2	20

## 5.2 Vyhodnocení výnosu bulev a jejich kvality

Sklizeň pokusu byla provedena 24. 10. 2014. Výnosy cukrovky jsou ovlivněny průběhem povětrnosti, a to z 15 až 20 %. Ještě větší měrou však zasahuje vliv odrůdy, který se odhaduje na 16 – 27 % a nakonec vliv stanoviště 37 % (PULKRÁBEK ET AL., 2008). V našem případě byla sklizeň provedena 24. 10. 2014 a porost se nacházel

ve velmi dobrém zdravotním stavu. Často se stává, že především listový aparát, bývá často v závěru vegetace značně poškozen (ZAHRADNÍČEK ET AL., 2010). To se pak projevuje především v kvalitě sklizně. Vliv stresu na porost cukrovky během vegetace především sucha může poškozovat listový aparát a výrazně snížit přírůstek kořene. Porost na našem pokusném stanovišti byl ale v průběhu celé vegetace stresován minimálně a to se odrazilo nejenom ve výnosu bulev, ale také v jejich kvalitě. Výsledky sklizně jsou prezentovány v následujících grafech (graf 1 – 8).

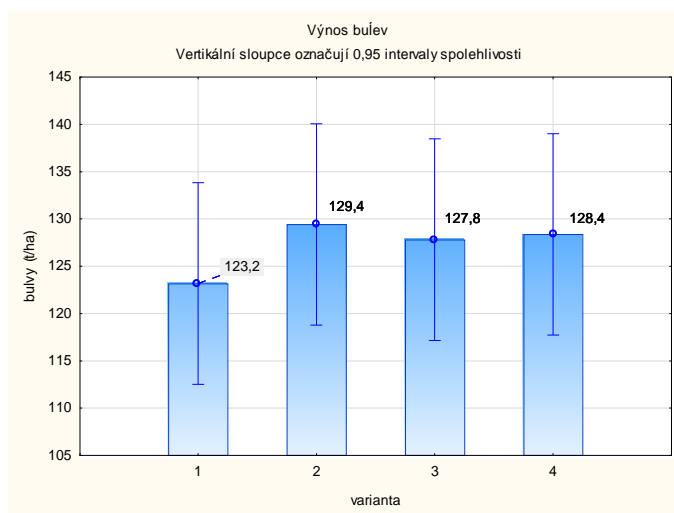
Dobrou kondici potvrzovalo i poměrně velké množství sklizeného chrástu (graf 1). Nejnižší hmotnost vykazovala cukrovka sklizená z var. 3 (39,1 t/ha), kde byl během vegetace aplikován v posledním aplikačním termínu pomocný přípravek NanoFyt Si a nejvyšší hodnoty byly získány z kontrolní varianty (45,2 t/ha).



**Graf 1** Výnos chrástu

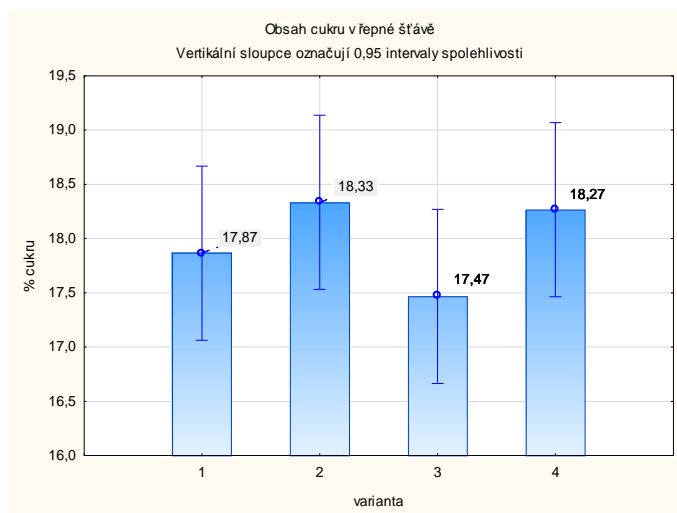
U všech variant s provedenou mimokořenovou výživou byl pozorován vyšší výnos bulev (graf 2) ve srovnání s kontrolní variantou. Nejvyšší výnos bulev byl stanoven u var. 4 (128,4 t/ha) a 3 (127,8 t/ha). Výnosy byly extrémně vysoké a na provozní ploše, která se nacházela okolo vlastního pokusu, byl dosažen výnos cca 102 tun bulev z hektaru. Účinnost mimokořenové aplikace hnojiv je odvislá od vlastností aplikované látky, přídatných látek a použité koncentrace, významný je i stav rostliny (orgán, stáří, vývojová fáze, vlhkost povrchu a výživný stav), ale především od vnějších podmínek jako je teplota, vlhkost, světlo, denní doba, cirkulace vzduchu atd. (VANĚK ET AL.,

2002). V našem případě můžeme považovat aplikační podmínky za ideální a to se odrazilo i v dosahovaných výnosech.



**Graf 2** Výnos bulv

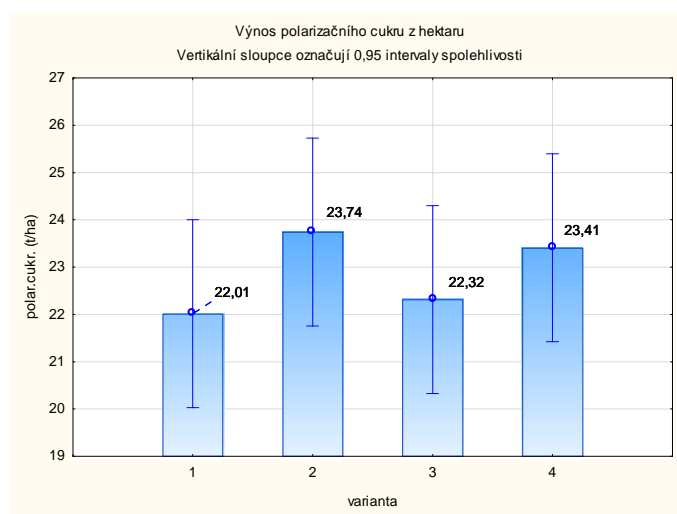
Technologická jakost cukrovky je dána komplexem faktorů, které významně ovlivňují její zpracovatelnost a rozhodují o celkové výtěžnosti cukru. Obsah cukru v bulvách (graf 3) se pohyboval v rozmezí 17,47 – 18,33 %, což s ohledem na dosažené výnosy bulv můžeme považovat za výborný výsledek. DORNAS ET AL. (2007) uvádí jako dosažitelné hodnoty obsahu cukru v bulvách až 20 – 22 %, tyto koncentrace ale nelze v našich podmínkách dosáhnout. Významně negativně se může promítnout do obsahu cukru v bulvě intenzita hnojení dusíkem, která ovlivňuje nejenom chemické složení rostlin a především kořene, ale také podporuje retrovegetaci u cukrovky (ZAHRADNÍČEK, 1996). V našem případě použitá dávka hnojiva v celkovém součtu na hektar nepřekročila 120 kg, což při tak vysokém výnosu deklarovalo nemožnost negativního hnojení dusíkem.



**Graf 3** Obsah cukru v bulvách

Cukernatost byla nejvyšší u variant s opakovanou aplikací přípravků (var. 2 a 4) a nebyla negativně ovlivněna vyšší dosahovaných výnosů bulev. To je třeba vidět jako velmi pozitivní.

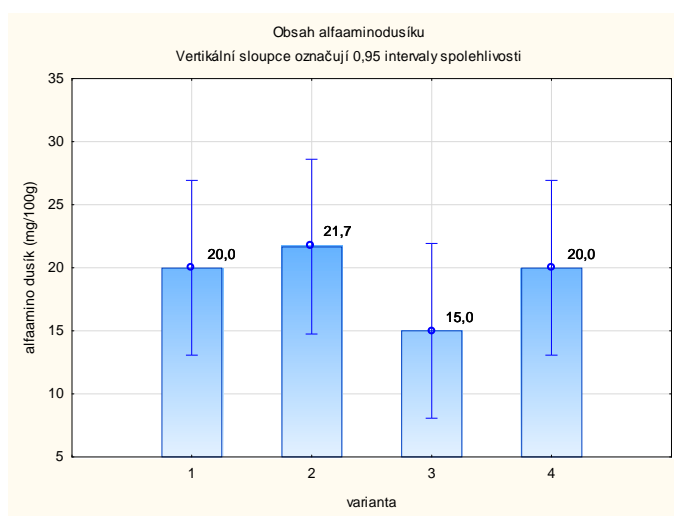
Vysoký výnos bulev a příznivá cukernatost se odrazily i v celkové produkci polarizačního cukru z hektaru (graf 4). Tyto výnosy jsou skutečně extrémní a je nutné zde zopakovat, že se jedná o maloparcelní pokusy, které jsou zatíženy velkou chybou. V současnosti je cílem pěstitelů dosahovat produkci polarizačního cukru z hektaru vyšší než 12 tun a perspektivně se přiblížit 15ti tunám. Předběžné sklizňové výsledky roku 2014 ukazují na to, že bude překročen výnos 14 tun polarizačního cukru z hektaru (ANONYM, 2015).



**Graf 4** Výnos polarizačního cukru z hektaru

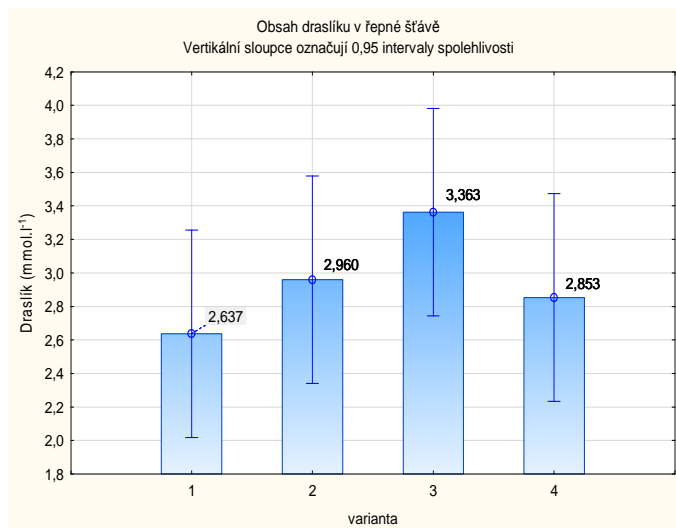


Rozhodující pro celkové hodnocení však není vypočítaný výnos polarizačního cukru, ale produkce rafinády, která je závislá od čistoty řepné šťávy. Zde je hlavním faktorem to, jaký je obsah rozpustného popela a alfaaminodusíku, tj. látek, které působí silně melasotvorně a snižují výtěžnost sacharózy z bulev. Další parametry, jako například čistota řepné šťávy, nejsou aplikací bóru ovlivněny. DRAYCOTT (2008) uvádí, že čistota řepné šťávy nebývá mimokořenovou výživou výrazněji ovlivněna. To se v našem případě prokázalo především při hodnocení obsahu škodlivého dusíku (graf 5). Cukrovka byla v době sklizně vyzrálá, aplikovaný dusík byl využit pro tvorbu nadzemní biomasy a jeho translokace do kořene byla přiměřená. Hnojení dusíkem v současné době vychází ze schopností nových odrůd cukrovky lépe konvertovat živiny na svůj růst (DRAYCOTT, CHRISTENSON, 2003). Z velké části je dusík čerpaný ze „staré půdní síly“, která se může právě u cukrovky velmi dobře uplatnit (HŘIVNA ET AL., 2003). S tím korespondovala i úroveň dusíkatého hnojení v našem pokusu.



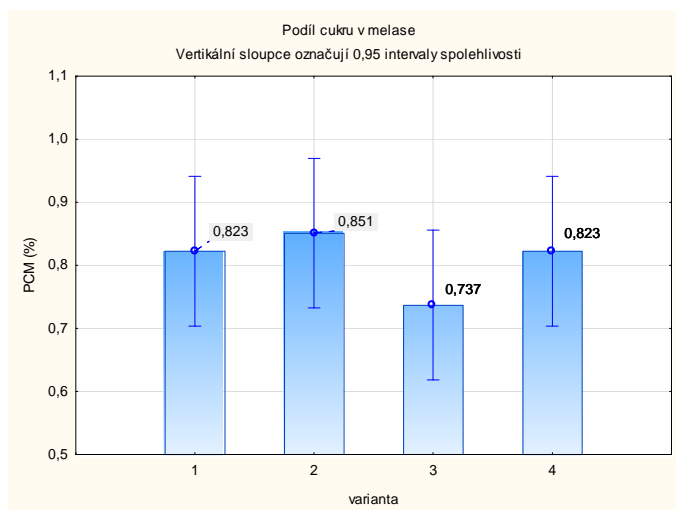
**Graf 5** Obsah alfaaminodusíku

Z grafu 6 můžeme pozorovat i velmi nízké hodnoty draslíku ve šťávě. Přesto je třeba podotknout, že po mimokořenové výživě byly jeho koncentrace vyšší. Draslík je živinou, na kterou je cukrovka nejvíce náročná. Rostlinami cukrovky je přijímán v průběhu celé vegetace a má úzký vztah k sacharidovému metabolismu (DRAYCOTT, CHRISTENSON, 2003). Lze zde tedy pozorovat jistou souvislost s vyšším výkonem rostlin na hnojených variantách.



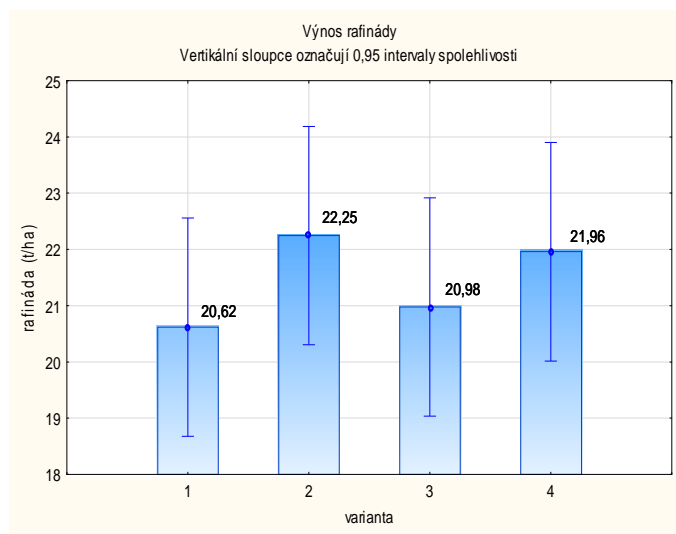
**Graf 6** Obsah draslíku v řepné šťávě

Rozhodující pro celkovou výtěžnost cukru, získaného při zpracování cukrovky v cukrovaru, je tzv. podíl cukru v melase (PCM). Od něj se odvíjí celková produkce bílého zboží, kterou lze vyjádřit i jako produkci rafinády z hektaru. V našich experimentech byl PCM pod úrovní 1 % a to je výjimečné (graf 7). Standardně se pohybují na úrovni cca 1,3 – 1,5 %, HŘIVNA A CERKAL (2009) ve svých pokusech uvádí i hodnoty vyšší (1,4 – 1,9 %).



**Graf 7** Podíl cukru v melase

Nízký PCM se příznivě promítl do celkového výnosu rafinády z hektaru (graf 8). Výnosy se pohybovaly na d hranici 20 t/ha a všechny aplikace přípravků měly pozitivní vliv.



**Graf 8** Výnos rafinády z hektaru

## 6 ZÁVĚR

V diplomové práci je rozebrána problematika pěstování cukrové řepy. Konkrétně jsou popsány jednotlivé agrotechnické faktory ovlivňující kvalitu cukrové řepy. Dále jsou zde uvedeny možnosti uplatnění různých druhů listových hnojiv, růstových látek, elicitorů a pomocných přípravků, které ovlivňují výnos a kvalitu cukrovky.

V praktické části jsme se zaměřili na posouzení vlivu aplikace pomocného přípravku NanoFYT Si<sup>®</sup> a listového hnojiva K-Gel 175 na růst, tvorbu výnosu a kvality cukrovky v průběhu vegetace. Pomocný přípravek NanoFYT Si<sup>®</sup> a listové hnojivo K-Gel 175 byly aplikovány formou postřiku na list v průběhu měsíce července a srpna. Následně byla pozorována dynamika růstu bulvy i chrástu včetně tvorby cukru. Z výsledků vegetačního pozorování je zřejmé, že aplikace obou přípravků pozitivně ovlivnila tvorbu bulvy i cukru.

Ve třetí dekádě měsíce října byly jednotlivé varianty pokusu sklizeny. U odebraných vzorků byly vyhodnoceny výnosové charakteristiky, stanovena je digesce, obsah škodlivého dusíku a také vypočítána produkce polarizačního cukru z hektaru i výnos rafinády.

Na základě získaných výsledků můžeme vyvodit následující závěry:

- Aplikace přípravků přispěla k lepší technologické zralosti cukrovky, což se odrazilo i v nižší sklizni chrástu u ošetřených variant.
- U všech variant s provedenou mimokořenovou výživou byl pozorován vyšší výnos bulvy ve srovnání s kontrolní variantou.
- Nejvyšší výnos bulvy byl stanoven u varianty s aplikací obou přípravků (128,4 t/ha) a u varianty ošetřené přípravkem NanoFYT Si<sup>®</sup> ve druhé dekádě měsíce srpna (127,8 t/ha).
- Nejvyšší cukernatost měly bulvy po opakovaném postřiku přípravkem NanoFYT Si<sup>®</sup>.
- Nejvyšší výnos polarizačního cukru z hektaru (23,74 t/ha) byl dosažen po opakovaném postřiku přípravkem NanoFYT Si<sup>®</sup>.
- Aplikace přípravků přispěla k nízkému podílu cukru v melase, což se pozitivně odrazilo ve výnosu rafinády z hektaru.
- Nejvyšší výnos rafinády byl získán po opakované aplikaci přípravku NanoFYT Si<sup>®</sup>.

Můžeme konstatovat, že mimokořenová výživa ve všech případech podpořila tvorbu výnosu bulev a příznivě působila na kvalitu řepné šťávy, což se pozitivně odrazilo i v produkci polarizačního cukru a rafinády z hektaru. Využití námi použitých přípravků pomohlo k zefektivnění výroby cukrové řepy.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ASADI M., 2007, *Beet sugar handbook*, Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 500 s.
- BARŁOG P., 2013, The soil Na concentration as a background of fertilizer Na recommendation: A case of sugar beet, Taylor & Francis Ltd: *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*, Poznaň, vol. 63, No. 3, 206-218 s.
- BITTNER V., 2012, Škodliví činitelé cukrové řepy – abiotické poškození, Poškození cukrovky vlivem počasí, *Listy cukrovarnické a řepářské*, 128, č. 1, 14-16 s.
- BITTNER V., 2012A, Škodliví činitelé cukrové řepy – abiotické poškození, Poruchy ve výživě cukrovky, *Listy cukrovarnické a řepářské*, 128, č. 2, 56-59 s.
- BITTNER V. 2012B, Škodliví činitelé cukrové řepy – abiotické poškození, Poškození cukrovky herbicidy, *Listy cukrovarnické a řepářské*, 128, č. 3, 98-101 s.
- CAMPBELL Larry G., 2002, Sugar Beet Quality Improvement, The Haworth Press: Food Products Press, *Journal of Crop Production*, Vol. 5, No. 1/2 (9/10), 395-413 s.
- DRAYCOTT P. A., 2005, *Sugar Beet*, Formerly of Broom's Barn Research Station, Blackwell publishing, 474 s.
- DRAYCOTT P. A., 2006, *Sugar Beet*. UK: Blackwell publishing, 474 s.
- DRAYCOTT P. A. a CHRISTENSON D. R., 2003, *Nutrients for sugar beet production: soil-plant relationships*, Wallingford: CABI Publishing, United Kingdom, 1-137 s.
- EL-JENDOUBI H. et al., 2014, The effects of foliar fertilization with iron sulfate in chlorotic leaves are limited to the treated area. A study with peach trees (*Prunus persica* L. Batsch) grown in the field and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) grown in hydroponics, Frontiers Media S.A., *Frontiers in Plant Science*, Plant Nutrition, Zaragoza, 1-17 s.
- FLIEGMANN J. et al., 2004, An Ancient Enzyme Domain Hidden in the Putative  $\beta$ -Glucan Elicitor Receptor of Soybean May Play an Active Part in the Perception of Pathogen-associated Molecular Patterns during Broad Host Resistance, The American Society for Biochemistry and Molecular Biology, Inc., *The Journal of Biological Chemistry*, U.S.A., Vol. 279, No. 2, 1132–1140 s.
- FRONĚK D. et al., 2014, *Situační a Výhledová Zpráva - Cukrová Řepa a Cukru*, Ministerstvo zemědělství, Praha, 5-30 s.
- GEORGE E. et al., 2008, *Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition: Chapter 6 Plant Growth Regulators II: Cytokinins, their Analogues and Antagonists*, Springer, 205–22 s.

- GUPTA U. a SOLANKI H., 2013, Impact of boron deficiency on plant growth, *International Journal of bioassays*, Gujarat, 1048-1050 s.
- GUREL E. a WREN J., 1995, In Vitro Development from Leaf Explants of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L), Rhizogenesis and the Effect of Sequential Exposure to Auxin and Cytokinin, *Annals of Botany*, Leeds, 75: 31-39 s.
- HERMANS C. et al., 2004, Physiological characterisation of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II, Springer-Verlag: Planta, *Kluwer Academic Publishing*, Geneva, 220: 344-355 s.
- HOFFMANN C., STOCKFISCH N. & KOCH H., 2004, Influence of sulphur supply on yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.)—determination of a threshold value, *Institute of Sugar Beet Research: European Journal of Agronomy*, Göttingen, Germany, 69-80 s.
- HŘIVNA, L. 2014, *Hnojení cukrovky*, Agromanuál, 3/2014, 104-105 s.
- HŘIVNA L. a CERKAL R., 2009, Možnosti ovlivnění výnosu i kvality cukrovky mimokořenovou výživou, VUC Praha a.s., *Listy Cukrovarnické a Řepařské*, Praha, Vol. 125, č. 5-6, 164-169 s.
- HŘIVNA L., BOROVIČKA K., BÍZIK J., VEVERKA, K., BITTNER V., 2003, *Komplexní výživa cukrovky*, Danisco, 84 s.
- HŘIVNA L., PECHKOVÁ J., 2013, Monitoring dynamiky změn kvality cukrovky během vegetace v regionu střední Moravy v letech 2007 až 2010, VUC Praha a.s., *Listy Cukrovarnické a Řepařské*, Praha, Vol. 129, č. 5-6, 182-187 s.
- HŘIVNA, L., CHODUROVÁ, M., BUREŠOVÁ, I., 2012, Dynamika růstu a změny kvality cukrovky po mimokořenové výživě, *Listy cukrovarnické a řepařské*, 2012. sv. 128, č. 5/6, s. 184-192.
- HŘIVNA L. et al., 2014, Vliv aplikace bóru na výnos a technologickou kvalitu cukrové řepy, VUC Praha a.s., *Listy Cukrovarnické a Řepařské*, Praha, 130, č. 4, 126-131 s.
- JOERSBO M. a OKKELS F. T., 1996, Calcium reduces toxicity of aminoglycoside antibiotics in sugar beet explants in vitro, *Physiologia Plantarum*, Denmark, 97: 245-250 s.
- JURSÍK M. et al., 2011, Herbicide mode of actions and symptoms of plant injury by herbicides: Plant growth regulator herbicides (synthetic auxins), VUC Praha a.s., *Listy Cukrovarnické a Řepařské*, Praha, 127, č. 3, 88-93 s.

- JŮZL M. a ELZNER P., 2014: *Pěstování Okopanin*. 1. vydání, Mendelova univerzita v Brně, Brno, 9-82 s.
- KONKA W. a GRAFKA J., 2010, Technological aspects of a sugar-beet syrup production for food industry, *Sugar & Sugar Beet Journal*, LCaŘ, Poland, 126, 7-8, 263-267 s.
- KRIŽNIK B. a PAVOKOVIC D., 2010, Enhancement of betanin yield in transformed cells of sugar beet (*Beta vulgaris* L.), *Acta Botanica Croatia*, Zagreb, 69 (2), 173–182 s.
- KRPEŠ V., 2005, *Ekologie Rostlin*, Přírodovědecká fakulta Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava, 28-60 s.
- KŘOVÁČEK J., 2014, Před osevem cukrovky 2014, VUC Praha a.s., *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, Praha, 130, č. 3, 84-88 s.
- MARCHETTIA R., CASTELLI F. 2011, Mineral nitrogen dynamics in soil during sugar beet and winter wheat crop growth, *European Journal of Agronomy*, 35 13–21 s. ISSN: 1161-0301.
- MINX L. et al., 1994, *Rostlinná výroba – III*, Vysoká škola zemědělská v Praze, Praha, 2 – 57 s.
- MISHUTKINA Y., GAPONENKO A., 2006, Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) Morphogenesis in Vitro: Effects of Phytohormone Type and Concentration in the Culture Medium, Type of Explants, and Plant Genotype on Shoot Regeneration Frequency, Pleiades Publishing, Inc., *Russian Journal of Genetics*, Moscow, Vol. 42, No. 2, 150–158 s.
- PELIKÁN M. et al., 1999, *Technologie Sacharidů*, 1. vydání, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 7-120 s.
- POTOPOVÁ V. et al., 2015, Agroklimatické hodnocení variability délky vegetačního období pěstování cukrové řepy ve středních Čechách, VUC Praha a.s., *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, Praha, 131, č. 2, 66-71 s.
- PULKRÁBEK J. et al., 2007, *Řepa cukrová - Pěstitelský rádce*. Vydání první, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 5-60 s.
- RIBERA M. et al., 2011, The European Sugar Sector and the CEFS, *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, VUC Praha a.s., 127, č. 9–10, 316-320 s.
- RICHTER, R., 2004, Multimediální učební text z výživy rostlin, dostupné na [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/html/prijem\\_zivin/a\\_index\\_prijem\\_zivin.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/prijem_zivin/a_index_prijem_zivin.htm)



- ROMBOLA A. D. et al., 2005, Iron deficiency-induced changes in carbon fixation and leaf elemental composition of sugar beet (*Beta vulgaris*) plants, Springer Science & Business Media B.V., *Plant and Soil*, Zaragoza, 271: 39-45 s.
- RUDRAPPA T. et al., 2006, Elicitation of peroxidase activity in genetically transformed root cultures of *Beta vulgaris* L, *Electronic Journal of Biotechnology*, Valparaíso, 512-522 s.
- RYANT, P., HŘIVNA, L., SMYČKA, L., 2007, Vliv aplikace různých forem síry na výnos a kvalitu cukrovky, *Výživa rostlin a její perspektivy*, MZLU, 1.vydání, 438 s.
- RYBÁČEK V. et al., 1985, *Cukrovka*, SZN Praha. 480 s.
- SAMADI A., 2012, Impact of continuous sugar beet cropping on potassium quantity-intensity parameters in calcareous soils, Taylor & Francis Group, LLC: *Journal of Plant Nutrition*, Urmia, Iran, 1154–1167 s.
- SAPÁKOVÁ E. et al., 2014, *Nutrition, Pests and Pathogens of Sugar Beet, Part I*. 1st ed. Mendel University in Brno, Brno, vol. VII, no. 4, 9-69 s.
- SAVITHA B. et al., 2006, Different biotic and abiotic elicitors influence betalain production in hairy root cultures of *Beta vulgaris* in shake-flask and bioreactor, El Sevier, *Process Biochemistry*, Mysore, 41: 50–60 s.
- SEIDLOVÁ F., 2008, *Fytohormony*, Vesmir, Praha, 87: 532-533 s.
- SNYDER G. et al., 2006, *Handbook of Plant Nutrition*, Silicon, Florida, 19: 553-562 s.
- STÁVKOVÁ, J.; DUFEK, J., *Biometrika*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2005, 194 s.
- SZCZEPANIAK W. et al., 2012, Effect of differentiated fertilizing systems on nitrogen accumulation patterns during the growing season – sugar beet as an example, University of Agricultural Sciences in Poznań, *Journal of Elementology*, Poznań, Poland, 669-688 s.
- ŠNOBL J. et al., 2007: *Základní rostlinné produkce*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 172 s.
- ŠPALDON Emil et al., 1982, *Rostlinná výroba*, Bratislava, Příroda, 1982.
- TERRY N. a ULRICH A., 1973, Effects of Phosphorus Deficiency on the Photosynthesis and Respiration of Leaves of Sugar Beet, *Plant Physiology*, 51, 43-47 s.
- TOPAK R. et al., 2014, Partial root zone drying irrigation and different nitrogen levels affect on nitrogen recovery efficiency for drip irrigated sugar beet crop, University of

Agricultural Sciences & Veterinary Medicine of Iasi, *Agronomy Series of Scientific Research*, Iasi, Turkey, 29-35 s.

TOPCUOGLU B., 2003, Vliv fosforu na kyselinu šťavelovou a obsah cukru v cukrovce, *Listy cukrovarnické a řepařské*, 118, Univerzita Akdeniz, Turecko, č. 11, 73 s.

VANĚK Václav et al., 2002, *Výživa a hnojení polních a zahradních plodin*. 3. doplněné vydání. Praha, Martin Sedláček, 47 s.

VOTAVA J. a KUMBÁR V., 2014, Use of Tool Steels in Soil Processing to Increase Sugar Beet Production, VUC Praha a.s., *Listy Cukrovarnické a Řepařské*, Praha, 130, č. 9-10, 292-297 s.

WU J., O'DONNELL A. G., SYERS J., 1993, Microbial growth and sulphur immobilization following the incorporation of plant residuem into soil, *Soil Biol. Biochem*, 25: 1567-1573 s.

ZAHRADNÍČEK, J, 1996, Retrovegetace cukrovky a její vliv na technologickou jakost, *Úroda*, 44, 1996, 7, 30-31 ISSN: 0139-6013.

ZENGIN M. et al., 2009, Effects of potassium, magnesium, and sulphur containing fertilizers on yield and quality of sugar beets (*Beta vulgaris L.*), TÜBİTAK, *Turkish Journal of Agriculture*, Konya, 33: 495-502 s.

ZHAO J. et al., 2005, Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites, El Sevier, *Biotechnology Advances*, Houston, 23: 283–333 s.

Internetové zdroje:

ANONYM, 2015, 3. odhad výroby cukrovky a cukru v roce 2014/2015 (19. 1. 2015), online, Dostupné na: <http://www.cukr-listy.cz/lc-statistika.html>

WIKIPEDIE, 2007, *Auxiny*, Encyklopedie online, Dostupné na: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Auxiny#/media/File:IAAII.png>

WIKIPEDIE, 2007, *Zeatin*, Encyklopedie online, Dostupné na: <http://en.wikipedia.org/wiki/Cytokinin#/media/File:Zeatin.png>

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Různé utváření bulev

Obr. 2 Části bulvy

Obr. 3 Výčet jednotlivých složek cukrové řepy

Obr. 4 Při nedostatku dusík listy žloutnou odspodu rostliny

Obr. 5 Červenání mladé rostliny při nedostatku fosfor

Obr. 6 Nekrotizace a svinování listu při nedostatku draslík

Obr. 7 Typické žloutnutí mezi nervaturou při deficienci hořčík

Obr. 8 Hnědé skvrny na čepelích vlivem deficiencie síra

Obr. 9 Nedostatek vápníku na listech cukrovky

Obr. 10 Strukturní vzorec molekuly IAA (kyselina indolyl-3-octová)

Obr. 11 Zeatin

Obr. 12 Detail rostlin (*odběr 24. 7. 2014*)

Obr. 13 Detail rostlin (*odběr 5. 8. 2014*)

Obr. 14 Detail porostu v době postřiku (*6. 8. 2014*)

Obr. 15 Detail rostlin (*odběr 19.8 2014*)

Obr. 16 Detail rostlin (*odběr 5. 9. 2014*)

Obr. 17 Detail rostlin (*odběr 19. 9. 2014*)

## 9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Procentuální obsah popelovin v cukrové řepě

Tabulka 2: Technologická kvalita cukrovky

Tabulka 3: Charakteristika přípravku NanoFYT Si<sup>®</sup>

Tabulka 4: Průběh povětrnosti v nejvýznamnějších měsících

Tabulka 5: Agrochemické vlastnosti pozemku

Tabulka 6: Schéma pokusu

Tabulka 7: Rozbor cukrovky (*odběr 24. 7. 2014*)

Tabulka 8: Rozbor cukrovky (*odběr 5. 8. 2014*)

Tabulka 9: Rozbor cukrovky (*odběr 19. 8. 2014*)

Tabulka 10: Rozbor cukrovky (*odběr 5. 9. 2014*)

Tabulka 11: Rozbor cukrovky (*odběr 19. 9. 2014*)

Tabulka 12: Rozbor cukrovky (*odběr 10. 10. 2014*)

## **10 SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1: Výnos chrástu

Graf 2: Výnos bulev

Graf 3: Obsah cukru v bulvách

Graf 4: Výnos polarizačního cukru z hektaru

Graf 5: Obsah alfaaminodusíku

Graf 6: Obsah draslíku v řepné šťávě

Graf 7: Podíl cukru v melase

Graf 8: Výnos rafinády z hektaru