

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování
cukrové řepy**

Diplomová práce

Bc. Tomáš Berka

Obor studia: Rozvoj venkovského prostoru

Vedoucí práce:

Ing. Jaroslav Urban, Ph.D.

Konzultant:

prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci, Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy, jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12.4.2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své diplomové práce panu Ing. Jaroslavu Urbanovi, Ph.D. a panu profesorovi Ing. Josefu Pulkrábkovi, CSc. za vedení, spolupráci a cenné rady a odborné vedení při zpracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval pracovníkům katedry rostlinné výroby za cenné rady a spolupráci při pokusech na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Červeném Újezdě v letech 2017 a 2018.

Největší díky pak patří mé rodině za podporu při celé době studia.

Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy

Souhrn

Aplikace biologicky aktivních látek patří v současné době mezi běžně využívané postupy v pěstitelské technologii zemědělských plodin. Při použití biostimulátorů dochází k efektivnímu působení na celou řadu procesů, jako je například lepší příjem a využití živin či ochrana rostlin před stresem.

V letech 2017 – 2018 byly založeny maloparcelkové pokusy s cukrovou řepou v řepářské výrobní oblasti, a to na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU Praha v Červeném Újezdě. V realizovaném pokusu byl sledován vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy. Na porost cukrové řepy byly během vegetace aplikovány na list (foliárně) biologicky aktivní látky pod komerčním označením TS Impuls, TS Licit, TS Sentinel, TS Vin SK a TS Silva od firmy TRISOL farm s.r.o. Jedná se o tekuté přípravky na bázi biologicky aktivních látek se stimulačním účinkem. Součástí aplikovaných přípravků jsou převážně huminové látky a jejich soli, aminokyseliny, Mo, B, výtažky z mořských řas, látky zvyšující obsah chlorofylu, stříbro, přírodní cukry a k nim vázané mikroprvky, N a S vázané v aminokyselinách, P, K, Fe v chelátové formě, Zn, Mn a Cu ve formě síranů, syntetické auxiny a adaptogeny. TS Licit, TS Sentinel, TS Vin SK, TS Silva byly aplikovány před uzavřením porostu a TS Impuls ve fázi 6ti pravých listů. Pro potřeby pokusu byla použita odrůda Gellert.

Porosty ošetřené biologicky aktivními látkami vykazovaly pozitivní vliv na výnosové ukazatele, kde byl zaznamenán jednoznačný přínos aplikace těchto přípravků. Listové preparáty pozitivně navýšily výnos v porovnání s kontrolní variantou u výnosu bulev, výnosu polarizačního a bílého cukru a výnosu bulev při 16% cukernatosti v obou letech pokusu u všech hodnocených variant. Došlo k navýšení výnosu u kvantitativních ukazatelů vůči kontrolní variantě průměrně o 4 %. Nejvyššího výnosu bulev přepočtených na 16% cukernatost bylo dosaženo při aplikaci přípravku TS Silva, kde bylo dosaženo nárůstu výnosu o 7,13 t.ha⁻¹ tj. 8,16 % oproti kontrolní variantě. Ostatní přípravky zefektivnily výnos bulev při 16 % cukernatosti průměrně o 3,0 až 4,5 %, vyjma výnosu chrástu, u kterého byly naměřeny rozdílné výsledky. Z pokusu nelze jednoznačně určit, který z přípravků byl nejefektivnější z pohledu výnosových parametrů, ale z pohledu ekonomického se ukázal nejlépe přípravek TS Silva, u kterého bylo dosaženo oproti kontrolní variantě prokazatelného navýšení zisku o 5 388,63 Kč.ha⁻¹. Přípravek se projevil pozitivněji u kvantitativních parametrů, než u kvalitativních. U melasotvorných látek nedošlo k výraznému zlepšení po aplikaci biologicky aktivních látek.

Po aplikaci biologicky aktivních látek došlo k pozitivnímu působení u kvantitativních ukazatelů, což vedlo k nárůstu výnosu bulev přepočtených na 16% cukernatost při aplikaci testovaných přípravků na porost cukrové řepy. S nárůstem kvantitativních ukazatelů došlo i k ekonomickému zhodnocení, díky kterým došlo k navýšení zisků v rozmezí od 1 234,73 do 5 388,63 Kč.ha⁻¹. Pokusy potvrdily pozitivní účinky biologicky aktivních látek na výnosové ukazatele cukrové řepy. Z výsledků je patrný přínos využití biologicky aktivních látek při pěstování cukrové řepy.

Klíčová slova: cukrová řepa, biologicky aktivní látky (BAL), výnos, jakost

Use of biologically active substances in the growing technology of sugar beet

Summary

The application of biologically active substances is currently one of the commonly used methods in the cultivation technology of agricultural crops. The use of biostimulators results in a wide range of processes, such as better nutrient uptake and utilization, and plant protection from stress.

In the years 2017 - 2018, small-scale sugar beet experiments were established in the sugar beet production area at the FAPPZ Research Station of the ČZU Prague in Červený Újezd. The effect of biologically active substances on yield and quality indicators of sugar beet was studied in the realized experiment. During the vegetation, sugar-beet growth was applied to the leaf (foliar) biologically active substances under the commercial designation TS Impuls, TS Licit, TS Sentinel, TS Vin SK and TS Silva from TRISOL farm s.r.o. They are liquid preparations based on biologically active substances with stimulating effect. Particularly humic substances and their salts, amino acids, Mo, B, seaweed extracts, chlorophyll content enhancers, silver, natural sugars and their microelements, N and S bound in amino acids, P, K, Fe in chelate form, Zn, Mn and Cu in the form of sulphates, synthetic auxins and adaptogens. TS Licit, TS Sentinel, TS Vin SK, TS Silva were applied before the closure of the crop and TS Impuls in the phase of 6 true leaves. Gellert variety was used for experimental purposes.

Growths treated with biologically active substances showed a positive effect on yield indicators, where a clear benefit of application of these preparations was recorded. The leaf preparations positively increased yield compared to the control variant in the yields of beef, polarization and white sugar yields, and the yield of bushes at 16% sugar-content in both years of the experiment in all evaluated variants. The yield on quantitative indicators increased by 4 % on average against the control variant. The highest yield of buffers converted to 16% sugar-content was achieved when TS Silva was applied, with an increase in yield of 7,13 t.ha⁻¹, ie 8,16 % compared with control variant. Other preparations have increased the yield of buffers at 16% sugar-content by an average of 3,0 to 4,5 %, except for the yield of the foliage for which different results were measured. It is not possible to determine unambiguously from the experiment which product was the most effective from the point of view of yield parameters, but from the economic point of view the best product TS Silva proved to be the best one. The product was more positive in quantitative parameters than in qualitative ones. In the case of molasses-forming substances, there was no significant improvement after the application of biologically active substances. After the application of biologically active substances, there was a positive effect on quantitative indicators, which led to an increase in the yield of beets converted to 16% sugar-content when applying the tested preparations to sugar beet growth. With the increase in quantitative indicators, there was also an economic appreciation, which profits increased from 1 234,73 to 5 388,63 Kč.ha⁻¹. The experiments confirmed the positive effects of biologically active substances on the yields of sugar beet. The results show the benefit of the use of biologically active substances in sugar beet cultivation.

Keywords: sugar beet, biologically active substances, yield, quality

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Vědecká hypotéza a cíle práce.....	12
3	Literární rešerše	13
3.1	Význam a využití cukrové řepy	13
3.2	Historie pěstování cukrové řepy v České republice.....	13
3.3	Kvóty	14
3.4	Biologie cukrové řepy (Beta vulgaris L. ssp. vulgaris var. Altissima) 15	
3.5	Morfologická charakteristika cukrové řepy.....	16
3.5.1	Bulva.....	16
3.5.2	Plod a květy	16
3.5.3	Listy	17
3.6	Technologická jakost cukrové řepy.....	17
3.7	Chemické složení cukrové řepy	18
3.8	Struktura porostu	19
3.9	Výživa.....	20
3.9.1	Dusík.....	20
3.9.1.1	Dusík v atmosféře a půdě.....	21
3.9.1.2	Koncentrace dusíku v sušině cukrové řepy při sklizni.....	21
3.9.2	Fosfor.....	21
3.9.3	Síra.....	22
3.9.4	Draslík a sodík	23
3.9.5	Vápník i hořčík	25
3.9.6	Bór	26
3.9.7	Flavonoidy	27
3.9.8	Fytoalexiny	28
3.10	Stresové faktory.....	28
3.10.1	Sucho	29
3.10.2	Zasolení	29
3.10.3	Chlad	30
3.10.4	Otrava těžkými kovy	30
3.10.5	Choroby a škůdci vzcházející řepy.....	30
3.10.6	Mapy fenologických fází cukrovky.....	31
3.11	Biologicky aktivní látky	34
4	Materiál a metody	36
4.1	Charakteristika pokusného stanoviště.....	36
4.2	Metodika řešení.....	36
4.2.1	Varianty pokusu.....	37

4.2.2	Přehled pracovních operací	37
4.3	Charakteristika počasí na pokusném stanovišti	38
4.4	Charakteristika odrůdy Gellert.....	40
4.5	Charakteristika použitých biologicky aktivních látek	41
4.5.1	TS Impuls	41
4.5.2	TS Licit.....	41
4.5.3	TS Sentinel	42
4.5.4	TS Vin SK	42
4.5.5	TS Silva	43
4.6	Zpracování výsledků.....	44
5	Výsledky.....	45
5.1	Hodnocení výnosových ukazatelů cukrové řepy	45
5.1.1	Výnos bulv cukrové řepy.....	45
5.1.2	Výnos chrástu cukrové řepy	46
5.1.3	Výnos polarizačního cukru cukrové řepy.....	48
5.1.4	Výnos bílého cukru cukrové řepy.....	49
5.1.5	Výnos bulv přepočtený na 16% cukernatost cukrové řepy	51
5.2	Hodnocení kvalitativních ukazatelů cukrové řepy	52
5.2.1	Cukernatost cukrové řepy.....	53
5.2.2	Obsah α -aminodusíku cukrové řepy.....	54
5.2.3	Obsah draslíku v bulvách cukrové řepy	55
5.2.4	Obsah sodíku v bulvách cukrové řepy.....	57
5.2.5	Teoretická výtěžnost v bulvách cukrové řepy	58
5.3	Ekonomické zhodnocení použitých přípravků.....	60
6	Diskuze	62
7	Závěr	65
8	Literatura.....	67

1 Úvod

Pěstování cukrové řepy s následnou produkcí krystalického cukru má v Česku dlouholetou tradici. Jedná se o více než 170ti leté zkušenosti v tomto pěstebním zaměření. Tyto zkušenosti jsou zejména v oblasti šlechtění, pěstování a zpracování cukrové řepy na cukr a v cukrovarnické strojírenské výrobě. Cukrová řepa je strategická plodina s mnohostranným využitím. Hlavní využití cukrové řepy však zůstává v produkci cukru. Jedná se o plodinu, kterou řadíme mezi nejpěstovanější plodiny světa a to díky mnohostrannému využití této plodiny. Hlavním cílem pěstování cukrové řepy je výroba cukru. Průměrný výnos bulev cukrové řepy je 80 - 110 t.ha⁻¹ s výtěžností 12 – 15 t.ha⁻¹ bílého cukru. Výsledný produkt, cukr, se řadí mezi strategické suroviny pro lidstvo, jedná se o základní sladidlo v lidské výživě. Trendem v pěstování cukrové řepy je zvyšování produkce. Díky neustále se zvyšující poptávce spotřebitelů po energeticky bohatém přírodním sladidle je proto snaha rozšiřovat pěstební plochy cukrové řepy. Společná zemědělská politika se snaží podporovat pěstování citlivých a strategických komodit ve stávajícím dotačním období 2015 - 2020, kam je zahrnuta i cukrová řepa. V období 2017 - 2018 byla v České republice oseta plocha 66 304 hektarů cukrovou řepou. Uplatnění cukrové řepy je i mimo potravinářský a fermentační průmysl, například jako obnovitelný zdroj energie v podobě bioetanolu a bioplynu, pro produkci pohonných látek (etanolu), pro potravinářský líh, či jako krmivo nebo hnojivo. Mimopotravinářská produkce slouží efektivně k pozitivní diverzifikaci rostlinné výroby s případným využitím cukrové řepy v období nadprodukce. V nepříznivém období může napomoci i diferenciaci odrůd, která by mohla zmírnit výnosový propad.

Cukrová řepa se řadí mezi jednu z nejnáročnějších plodin s vyhraněnými požadavky na pěstitelská opatření a technologii pěstování. I přes veškerou snahu pěstitelů k zajištění nejvhodnějších podmínek pro pěstování cukrové řepy, a to výběrem správného pozemku, odrůdy, hnojení, atd., a však zůstává celá řada limitujících faktorů ovlivňujících výslednou produkci. Mezi nejdiskutovanější riziko ovlivňující produkci cukrové řepy jsou změny klimatických podmínek, kde dochází k extrémním výkyvům počasí. S tímto limitujícím aspektem je nutno počítat a pokusit se minimalizovat rizika a zajistit rostlinám dostatečnou ochranu. Extrémní výkyvy počasí u rostlin mohou způsobit stres a díky tomu negativně ovlivnit výnos a následně i celkovou produkci. Proto, aby pěstitel eliminoval a preventivně předešel negativním vlivům, využívají se vhodné opatření, mezi které se řadí užití biologicky aktivních látek. Tyto látky mohou rostlinám příznivě pomoci v odolnosti vůči stresovým vlivům, v příjmu živin nebo rychlejší regeneraci poškozeného porostu. Biologicky aktivní látky jsou jednak přírodního nebo syntetického původu. Tyto látky se mohou aplikovat v různou dobu vývojové fáze plodiny. Jedná se o látky, které mají pěstiteli pomoci minimalizovat negativní aspekty a zvýšit výslednou produkci a jakost cukrové řepy.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Vědecké hypotézy:

1. Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy příznivě ovlivňuje výnosové ukazatele cukrové řepy.
2. Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy příznivě ovlivňuje kvalitativní ukazatele cukrové řepy.
3. Aplikace biologicky aktivních látek je ekonomicky efektivní.

Cíl práce:

Cílem diplomové práce je posouzení vlivu biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy.

Dílním cílem práce je vyhodnocení ekonomické efektivnosti.

3 Literární rešerše

3.1 Význam a využití cukrové řepy

Cukrová řepa má v českých zemích dlouholetou tradici, i když ji řadíme k našim nejmladším kulturním plodinám. Jedná se o plodinu, která patří mezi 15 nejvýznamějších plodin světa. Oproti počátku pěstování (před více jak 170ti lety) dosahujeme dnes více než desetinásobného výnosu. Cukr jako výsledný produkt ve zpracování cukrové řepy včetně vedlejších produktů, jsou cennou obnovitelnou surovinou pro potravinářský a fermentační průmysl, pro produkci pohonných látek (ethanolu). Jedná se však o jednu z nejnáročnějších plodin s přísně vyhraněnými požadavky na pěstební opatření. Hlavním biologickým zdrojem na výrobu sacharózy je cukrová třtina a cukrová řepa (Pulkrábek et al. 2007). V řadě zemí je snaha o výrobu umělých sladidel a náhradu cukru, ovšem tyto svou produkcí nejsou schopni pokrýt celosvětovou spotřebu cukru a představují pouze minoritní, doplňkový zdroj cukru.

V průběhu zpracování cukrové řepy dochází nejen k primární produkci cukru, ale i ke kvalitním vedlejším produktům jako je melasa, řepné řízky, či saturační kaly, využívané jako hnojivo. Řepná melasa se využívá k výrobě konzumního lihu, řepné řízky jsou vhodným krmivem pro živočišnou výrobu a cukrovarská šáma je využívána jako vápenné hnojivo v řepářských zemědělských podnicích (Pulkrábek et al. 2014). Řepnou melasu je možné také využít pro produkci bioplynu, krmiv, či bezdusíkatých organických kyselin - například kyseliny citrónové, kyseliny mléčné a dalších. Lze ji využít také k produkci substrátů nebo pro produkci některých enzymů, koenzymů či vitamínů (Šárka 2012). Dalším vedlejším produktem cukrové řepy je chrást, který je využíván jako hodnotné hnojivo společně s posklizňovými zbytky. Cukrová řepa je plodina s pozitivním agronomickým a ekologickým aspektem (Šárka 2012).

3.2 Historie pěstování cukrové řepy v České republice

Achardův objev výroby cukru z řepy byl na počátku 19. století. Myšlenka výroby cukru byla velmi lákavá, neboť cukr byl velmi luxusním zbožím. V této době vznikaly cukrovary, ale také rychle zanikaly, protože jim chyběla základní surovina, a to cukrová řepa (Smrčka et al. 2012).

V období po první světové válce, kdy Česká republika byla tehdy součástí Československé republiky, se podílela na celkové evropské produkci řepného cukru z 15 – 20 % (Smrčka et al. 2012). Následně docházelo k hledání vhodné oblasti, kde by bylo možné cukrovou řepu pěstovat. Na konci této etapy hledání byla úspěšně uskutečněna první kampaň v cukrovaru Dobruška, a to v roce 1831. Další etapa přišla kolem roku 1870 a to jako tzv. rolnické cukrovary. V kampani 1865 - 1866 se v celém Rakousku-Uhersku zpracovalo 860 000 tun cukrové řepy, v kampani v letech 1880 - 1881 už 4,41 mil. tun a z toho 70 – 80 % cukru Rakouska-Uherska se vyprodukovalo na území budoucího Československa (Chochola & Verfl 2006).

Nejslavnější období českého řepářství a cukrovarnictví proběhlo po první světové válce, kdy v průběhu války poklesly plochy a výnosy cukru pod 50 % stavu před první světovou válkou. V letech 1919 - 1923 došlo v Československu k nárůstu a obnovení produkce. Poválečný nárůst produkce vyvrcholil v letech 1924 - 1925 největší výměrou a výrobou

cukrovky. Od této doby až do nynějška docházelo k postupnému poklesu výroby (Chochola & Verfl 2006).

Důvodů bylo několik. Předně expanze producentu třtinového cukru, dále nadvýroba cukru, která měla za následek pokles cen a to mimo jiné díky rozvoji řepařství a cukrovarnictví v jiných evropských zemích (Chochola & Verfl 2006).

V období první republiky došlo k rozvoji šlechtění cukrové řepy a výzkumu agrotechniky včetně alternativního využívání cukrové řepy (krmení, sušení). V roce 1936 bylo dosaženo nejvyššího výnosu cukru a to 4,9 t.ha⁻¹ (Chochola & Verfl 2006).

V období kolektivizace narůstalo zatížení půdy skotem a cukrovka byla plodina pěstovaná převážně pro krmné účely a až v druhé řadě pro cukr. Od šedesátých let se začaly výnosy cukrové řepy zvyšovat (Chochola & Verfl 2006). Po roce 1989 se projeví veškeré negativní důsledky 50ti let nepřirozeného vývoje. Rozpadá se centrální řízení a probíhá restrukturalizace a privatizace zemědělských podniků, i cukrovarů. Po roce 1989 se postupně vrátilo pěstování cukrové řepy na nejlepší půdy a do rukou dobrým pěstitelům a díky konkurenčnímu prostředí nutilo pěstitele k inovacím technologií, vedoucích ke zvyšování výnosů a kontrole nákladů (Chochola & Verfl 2006).

3.3 Kvóty

V rámci odvětví výroby cukru došlo dne 30. 9. 2017, a to po 49 letech, k zrušení režimu produkčních kvót. V rámci České republiky tento systém trval 13 let, od vstupu do Evropské unie. Kvóta cukru České republiky naposledy činila 372 459,207 tun. Systém SOT s cukrem tak zůstal ve výrazně zredukované podobě. Zanikla zejména ustanovení týkající se systému produkčních kvót, minimální ceny cukrové řepy (26,29 EUR/t), výrobní dávky, nadkvótového cukru, průmyslového cukru a vývozního limitu WTO ve výši 1 350 000 tun pro celou EU. Naopak zůstaly zachovány dovozní režimy cukru, základní vztahy mezi prodejci řepy a zpracovateli. Evropská komise přijala delegovaný akt, kterým se mění, podmínky nákupu cukrové řepy od 1. října 2017, nařízení EP a Rady (EU) č. 1308/2013. Delegovaný akt je právním ukotvením podílu pěstitelů cukrové řepy na rozdílu budoucího vývoje tržní ceny prodaného cukru cukrovarnickými podniky, pokud se na této skutečnosti obě dvě strany dohodnou v rámci mezioborové dohody. Také v bezkvótovém období Evropská komise bude nadále průběžně monitorovat situaci na trhu s cukrem na základě příslušných údajů od cukrovarnických podniků hlášených členskými státy Evropské unie, jelikož Evropská komise je na základě čl. 219 nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1308/2013 oprávněna přijmout adekvátní opatření v případě narušení trhu s cukrem. Dne 15. února 2017 bylo z důvodu zachování systému poskytování nezbytných údajů v odvětví cukru odhlasováno a publikováno Evropskou komisí: nařízení Komise (EU) 2017/1185, kterým se stanoví prováděcí pravidla k nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1307/2013 a (EU) č. 1308/2013, pokud jde o oznamování informací a dokumentů Komisi, a kterým se mění a ruší několik nařízení Komise a dále nařízení Komise (EU) 2017/1183, kterým se doplňují nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1307/2013 a (EU) č. 1308/2013, pokud jde o oznamování informací a dokumentů Komisi. Členské státy Evropské unie podle tohoto předpisu po ukončení režimu cukerných kvót hlásí cenu cukru, cenu cukrové řepy, plochu

cukrové řepy rozlišenou na produkci cukru a bioethanolu, produkci cukru a bioethanolu, produkci isoglukózy, zásoby cukru a isoglukózy (Froněk et al. 2017).

Monitoring údajů v odvětví výroby cukru byl v rámci České republiky doposud stanoven v nařízení vlády č. 337/2006 Sb., o stanovení některých podmínek provádění opatření společné organizace trhů v odvětví cukru. Značná část tohoto nařízení po ukončení režimu produkčních kvót nebyla účinná. Z tohoto důvodu vyplynula nutnost vzniku zcela nového nařízení vlády, které implementuje povinnost sběru nezbytných údajů Státním zemědělským intervenčním fondem od cukrovarnických podniků. Předpis byl zrušen s doběhem některých prvků regulace. Dne 27. září 2017 bylo publikováno nové nařízení vlády č. 316/2017 Sb., o některých podmínkách k provádění společné organizace trhů v odvětví cukru. V rámci právního předpisu České republiky jsou stanoveny termíny pro poskytování informací cukrovarnickými podniky Státnímu zemědělskému intervenčnímu fondu a následně jsou fondem informace zaslány na Evropskou komisi, tzn. stejným způsobem jako doposud. Na Státní zemědělský intervenční fond hlásí informace: výrobci cukru z cukrové řepy, výrobci cukru ze surového třtinového cukru, výrobci bioethanolu a výrobci isoglukózy (Froněk et al. 2017).

3.4 Biologie cukrové řepy (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *Altissima*)

Cukrová řepa efektivně spojuje biologické vlastnosti dvou přímých předků, ze kterých pochází, a to řepy cviky a řepy krmné. V obou druzích (včetně cukrové řepy) jsou obsaženy vlastnosti planých předků, kterými byla řepa přímořská (*Beta maritima* L.) a řepa vytrvalá (*Beta perennis* Hal.). Cukrová řepa patří do čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*). Čeleď merlíkovitých původně pochází z oblasti kolem Středomoří (Draycott 2006).

V cukrové řepě jsou patrné základní biologické vlastnosti čeledi merlíkovitých, jako je schopnost vytvářet větší počet kruhů cévních svazků v křovitém kořenu a v osním nadzemním stonku. Společně s dalšími významnými plodinami, jako je krmná řepa, špenát, mangol řapíkatý, mangol zahradní, je cukrová řepa součástí *Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*. Čeleď merlíkovitých zahrnuje i rod *B. vulgaris*, ve kterých se vyskytuje několik kultivovaných forem *Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*, například řepa listová, či řepa červená. Cukrová řepa se pěstuje po celém světě s cílem získat bulvy, kořenovou část. Sklízí se na konci prvního vegetačního období s nejvyšším zastoupením v oblastech s teplým a mírným podnebím s dostatečným množstvím srážek (OECD 2001).

Cukrová řepa a její kultivované formy jsou dvouleté hospodářské plodiny pěstované pro kořeny, sklízí se na konci prvního vegetačního období. V prvním roce vegetace dochází k epigeickému klíčení a vývoji lysé růžice tmavých lesklých listů se silnými řapíky. Po celou dobu vegetace se tvoří listy a zároveň dochází k akumulaci sacharózy do kořene (Cooke & Scott 1993). V následujícím roce se tvoří z osy srdéčka hlavní lodyha a z pupenů v úžlabí vedlejší lodyhy s generativními orgány (Jůzl & Elzner 2014).

Dvouleté využití cukrové řepy je pro produkci osiva, avšak kořeny v druhém roce ztrácejí obsah sacharózy a zároveň se zvyšuje podíl ligninu. Cukrovka musí projít vernalizací na konci prvního roku. Tím se snižuje účinnost sklizně, ale i samostatná výtěžnost cukru (Cooke & Scott 1993). Předností cukrové řepy je schopnost akumulovat značné množství cukru v kořeni. Bulva je tvořena řepnou dřeví a šťávou (Jůzl & Elzner 2014).

3.5 Morfologická charakteristika cukrové řepy

Rostlina cukrové řepy je tvořena listy a bulvou. Listy tvoří asimilační aparát. Bulva představuje zásobní orgán, pro který je cukrovka pěstována, a je ústředním orgánem celé rostliny (Pelikán et al. 1999).

3.5.1 Bulva

Bulvu ovlivňuje konkrétní varieta a typ odrůdy. Cukrová řepa je tvořena bulvou a listy. Asimilační aparát tvoří listy. Ústřední zásobní orgán celé rostliny je bulva. Bulva představuje zásobní orgán, pro který je cukrovka pěstována (Pelikán et al. 1999). Zpravidla je bulva vřetenovitá a protáhlá s kuželovitým tvarem. Délka a tvar vlastního kořene je rozhodující o možnostech mechanizované sklizně a její kvalitě. Nevhodné jsou kořeny, které se větví, tyto se označují jako celerovité nebo mrcasaté. Jedná se o poruchu růstu kořene, která je zpravidla zapříčiněna nedostatečnou hloubkou půdy, pevným podorničím, nerovnoměrností orničního profilu, kamenitou půdou, škůdci (háďátky), a dalšími parametry (Jůzl et al. 2000). Vzešlé kořeny cukrové řepy mají pestrobarevné zbarvení od bílé, či žluté, až po oranžovou, až červenou, a to v různých odstínech (OECD 2001). V prvním roce vegetace cukrové řepy se na hlavě bulvy listy sestavují do listové růžice. Vstřícně postavené děložní lístky vyrostou po vzejítí, které později odpadnou. Na hlavě bulvy jsou sestaveny pravé listy ve spirále od vnějšku (nejstarší listy) ke středu (nejmladší srdéčkové listy). Silné řapíky jsou charakteristické pro cukrovou řepu, velikost listu také ovlivňuje odrůda cukrové řepy. Průměrně vytváří cukrová řepa 44 - 55 listů v období sklizně má 22 - 30 zelených listů.

Bulva cukrovky tvoří část rostliny bez listů, kterou tvoří:

- Hlava bulvy (epikotyl) - Jedná se o horní část bulvy, tvoří asi 10 % z celkové hmotnosti bulvy, ze které vyrůstá růžice listů. V této části bulvy je nejméně cukru. Při sklizni je tato část odstraněna společně s listovou růžicí hladkým a rovnoměrným řezem. Hranici hlavy tvoří nejnížší věnec listových pupenů.
- Krk bulvy (hypokotyl) - Tato část tvoří zhruba 10 % celkové hmotnosti bulvy. Jedná se o část mezi hlavou a samotným kořenem. Na této části bulvy se nenachází žádné listy ani vlásečnicové kořeny.
- Kořen bulvy (radix) - Tato část tvoří 80 % z celkové hmotnosti bulvy. Jedná se o spodní a největší část vřetenovitého a mírně zploštělého tvaru se dvěma protilehlými podélnými rýhami. Z vlastního kořene vyrůstají vlásečnicové kořínky, směrem dolů se zužuje a vytváří až 2 metry dlouhý tzv. ocásek. Na příčném řezu kořenu cukrové řepy se nachází základní pletivo, pokožkové a vodivé pletivo (Hřivna 2014).

3.5.2 Plod a květy

U základu lodyhy se tvoří listy (velké řapíkaté, tak i malé), které postupně směrem nahoru přecházejí v přisedlé. Z úžlabních pupenů na hlavní lodyze vyrůstají vedlejší lodyhy a z těchto generativní orgány, poupata, která následně přecházejí v květy. Květy cukrové řepy, jsou malé, přisedlé, ve shlucích nebo jednotlivé, později vytváří řepná klubíčka (CFIA 2012).

Květy cukrové řepy jsou tvořeny až druhým rokem, tyto se skládají z pěti zelených okvětních lístků srostlých na spodní části květu. Fáze reprodukce cukrové řepy nastává prodlužováním lodyhy z osy srdéčka, tato dorůstá 1,2 – 1,8 m.

Cukrová řepa kvete po dobu 30 – 40 dní a plody dozrávají postupně. Jednoklíčkové odrůdy mají květy uspořádány odděleně, u víceklíčkových tvoří shluk několika květů. Plodem cukrové řepy jsou nažky, které jsou tvořeny souborem 2 - 7 nepravých plodů, tyto vytváří ztvrdlé okvětní klubíčko, společně uzavřených v okvětí (Rybáček et al. 1985). Květy cukrové řepy jsou oboupohlavní a cizosprašné (Jůzl & Elzner 2014).

3.5.3 Listy

Na hlavě bulvy cukrové řepy se listy seskupují v listové růžici, a to v prvním roce vegetace. Vstřícně postavené děložní lístky vyrostou po vzejítí, tyto později odpadnou. Na hlavě bulvy jsou sestaveny pravé listy ve spirále od vnějšku (nejstarší listy) ke středu (nejmladší listy srdéčkové). Listy cukrové řepy mají velmi zvlněnou čepel se silnými řapíky. Velikost listů cukrové řepy ovlivňuje odrůda. Listy cukrové řepy jsou zpravidla lesklé, tmavě zelené, mohou být i načervenalé a tvoří radiálovou růžici s asimilačním aparátem (OECD 2001). Průměrný počet listů se pohybuje mezi 44 až 55 listů v době sklizně 22 - 30 zelených listů (Jůzl & Elzner 2014). Děložní listy se od pravých liší tvarem a specializovanější funkcí. Listy cukrové řepy jsou důležité nejen pro růst cukrové řepy, ale i pro tvorbu sacharózy. Sacharóza je nejprve syntetizovaná. V listech je nejprve syntetizovaná sacharóza, poté se přesouvá do kořenových buněk pomocí floému (Asadi 2007).

3.6 Technologická jakost cukrové řepy

Technologická jakost cukrové řepy je komplex biologických, chemických, fyzikálně chemických a mechanických vlastností řepné bulvy. Technologická jakost cukrové řepy se utváří na poli a dokonalá zralost bulvy je důležitá jak pro volbu optimální sklizně, tak i pro šetrnou manipulaci s řepou v posklizňovém období a jejímu racionálnímu skladování. Technologická jakost cukrovky není jen záležitostí její cukernatosti a chemického složení. Biologické vlastnosti jsou tvar, velikost a hmotnost bulvy, její vyzrálost, zdravotní stav a rezistence vůči skládkovým chorobám.

Z chemických vlastností jsou nejdůležitější: obsah sacharózy (cukernatost), obsah necukrů, zejména solí sodných a draselných, dusíkatých látek (především amidů a aminokyselin) a redukujících cukrů (invertu).

Dále z fyzikálně-chemických vlastností přichází v úvahu hlavně pH, turgor (osmotický tlak) buněčné šťávy a její barva (obsah barevných látek). Obsahem barevných látek buněčné šťávy, pH, turgorem se zabývají fyzikálně chemické vlastnosti cukrové řepy. Mechanické vlastnosti především pevnost, pružnost, odpor vůči řezání (Zahradníček & Pulkrábek 2001). Z výše uvedené definice je patrné, že sklizeň cukrové řepy by měla být provedena v období nejvhodnějším z pohledu poměru mezi cukry a necukry. Z tohoto pohledu se jedná o období podzimu, kdy chrást postupně žloutne, zasychá, ohýbá se do stran, listy mají kratší řapíky a jsou menšího vzrůstu. Technologickou jakost vyjadřujeme například cukernatostí (výtěžnost bílého cukru), jedná se i o zbytkový cukr v melase a samotná výrobnost (Pulkrábek et al. 2007).

Z mechanických vlastností mají největší význam pružnost, pevnost, odpor k řezání.

Povrch bulvy ma být hladký, čistý, nepoškozený, nescvrklý, odolný proti alteraci, schopný udržovat turgor i při skladování. Bez zbytků chrástu, zelených pupenů a příměsí působících hnití. Kořenová rýha má být mělká.

Technologická jakost je vyjadřována cukernatostí, výtěžností bílého cukru, zůstatkem cukru v melase. Jedná se o komplex biologických, chemických, fyzikálně-chemických a mechanických vlastností řepné bulvy. Bulva pro zpracování v cukrovaru musí být zdravá, nezavdlá, nenamrzlá, zbavená listové růžice hladkým, rovným nebo kuželovým řezem. Nejznámějším a dominujícím kritériem technologické jakosti cukrovky je cukernatost-polarizace (P), což je v procentech vyjádřený obsah sacharózy v bulvě cukrovky. Pro stanovení cukernatosti se odebírá vzorek 20 – 25 kg bulev, nebo minimálně 15 - 20 kusů bulev tak, aby všechny velikostní kategorie bulev byly poměrně zastoupeny. Průměrné hodnoty dosahují 16 – 19 %. Orientačně je možno uvést, že cukrovka dodávaná k průmyslovému zpracování má mít cukernatost nejméně 14 % a bulvy mají být větší než 100 gramů.

V cukrové řepě jsou obsaženy látky, které snižují výtěžnost. Z toho důvodu vzniká melasa neboli cukerný sirub, z tohoto nelze standardními postupy (běžnými postupy) vykristalizovat cukr. Mezi melasotvorné látky řadíme rozpustné popeloviny a α -aminodusík. V rámci hodnocení rozpustných popelovin hodnotíme konduktometricky rozpustný sodík a draslík, který je vyjádřen v $\text{mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ cukrové řepy. Maximální přípustná hodnota nesmí přesáhnout $0,5 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ u obou sledovaných parametrů. Alfa-aminodusík vyjadřujeme v $\text{mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ cukrové řepy. Standardně v rozmezí od 1 – 2 $\text{mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Škodlivý dusík obsažený v cukrové řepě mohou ovlivnit vysoké dávky dusíkatých hnojiv. Primárním úložištěm melasotvorných látek je v hlavě cukrové řepy (Chochola 2010).

Na technologické jakosti se podílí řada vlivů, které ovlivňují finální zpracování. Jedná se o faktory, jenž farmář jako takové nemůže vždy ovlivnit. Jedná se o prostředí, půdu, povětrnostní podmínky, setí, choroby, škůdci, plevele a výživu (Hřivna et al. 2012). Bulva má být tedy zdravá, v nezavdlém stavu, nenamrzlá, bez listové růžice. Povrch by měl být čistý, hladký, bez známek poranění, nescvrklý, odolný proti poškození, bez chrástu, zelených pupenů a výskytu hnilob (Pulkrábek et al. 2007).

3.7 Chemické složení cukrové řepy

Základní chemické prvky, které tvoří cukrovou řepu jsou uhlík, vodík a kyslík. Jsou zde zastoupeny i ostatní prvky, které tvoří nezastupitelnou součást strukturálních tkání nebo jsou součástí biochemických reakcí. Každý z těchto prvků je pro rostlinu potřebný v rozdílné míře. Patří sem dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, síra, sodík, bór, měď, železo, chlór, mangan, zinek a molybden (Draycott et al. 2003).

Jeden z nejdůležitějších hodnotících parametrů cukrové řepy je cukernatost, tj. potenciální obsah sacharózy. "Výnos polarizačního cukru" nebo "biologický výnos cuktu" je veškerý cukr obsažený v cukrové řepě (hmotnost x cukernatost). Výnos polarizačního cukru nelze v cukrovaru plně vytěžit, a to z důvodu obsahu látek, které celkovou výtěžnost cuktu snižují a přispívají k výrobě melasy, z které nelze běžnými způsoby vykristalizovat cukr. Tyto látky (melasotvorné látky) jsou důležitým hodnotícím kritériem jakosti cukrové řepy. Skladba cukrové řepy je z 23 - 25 % sušina a zbytek tvoří voda. V obsahu sušiny nalezneme 5 % řepné dřevě (nerozpustný podíl sušiny). Řepná dřevě je tvořena pektinovými látkami, bílkovinami,

ligninem, pentozany, hemicelulozou, celulózou a dalšími organickými látkami. Zbytek sušiny tvoří rozpustné látky v řepné šťávě kde největší podíl má sacharóza, a to 16 - 18 % a rozpustné necukry, které tvoří okolo 2,5 %. Mezi rozpustné necukry řadíme organickou kyselinu šťavelovou, jablečnou, citrónovou a mléčnou, monosacharidy fruktozy, monosacharidy glukosy, oligosacharidy rafinózy, saponiny, bílkoviny, aminokyseliny, amidy, betain a popeloviny (Kadlec 2000). Tvorba sacharózy vzniká v listech během fotosyntézy a následně je transportována pomocí vodivých pletiv do bulvy. Sacharóza je složena z molekul glukózy a fruktózy a tato je významnou částí řepné šťávy. Díky nepříznivým podmínkám může docházet k rozkladu na původní složky, čímž se vytváří tzv. "invert", tento cukr se ve zdravé a čerstvé bulvě vyskytuje v malém množství (0,05 - 0,2 %), tvoří ho směs glukózy a fruktózy. Invertní cukr stoupá u namrzlých bulev a nadměrně seříznutých bulev, tento zvyšuje obsah necukerných látek v melase a podléhá mléčnému a alkoholickému kvašení. Trisacharid rafinosa se pak vyskytuje v řepné bulvě v menší míře (Pelikán et al. 1999).

Poměr složek v cukerné šťávě je obvykle více glukózy než fruktózy. Největší koncentrace cukru je uprostřed kořene, směrem k hlavě bulvy se obsah rapidně snižuje. Směrem k špičce kořene se koncentrace cukru snižuje pomaleji. Obsah rafinózy je závislý na lokalitě pěstování cukrové řepy. Pokud má cukrová řepa vyšší obsah sacharózy, má zároveň nižší koncentraci rafinózy (Asadi 2007). Zisk z cukrové řepy je přibližně 12,5 – 14,5 % bílého cukru, 5,5 % sušených řízků a 4,5 % melasy (Prugar et al. 2008). V cukrové řepě jsou obsaženy i ostatní látky, jiné než cukrové povahy, tyto zvyšují cukr v melase a podporují rozpustnost sacharóz a tím omezují krystalizaci. Tento negativní jev způsobují aminokyseliny a amidy (Hoffmann 2010). Dusík přechází během difuze do řepné šťávy a je součástí nežádoucího dusíku. Popeloviny (průměrně 0,7 % v cukrové řepě) brání krystalizaci sacharózy, což způsobuje nadměrnou tvorbu melasy. Mezi nejvíce škodlivé minerální látky řadíme uhličitany, dusičnany a chloridy (Pelikán et al. 1999).

Obsah rozpustného sodíku a draslíku se běžně stanovuje v cukrovarech. Obsahy těchto látek se vyjadřují v mmol.100g⁻¹ cukrové řepy. Běžně se pohybují v rozmezí: Na (sodík) 0,5 – 2,0, K (draslík) 3,0 – 5,0 mmol.100g⁻¹. Dalším hodnotícím kritériem je alfa-aminodusík, tento je vyjádřen v mmol.100g⁻¹ řepné kaše v běžném rozsahu škodlivého dusíku 1,0 - 2,0 mmol.100g⁻¹. Tyto nežádoucí obsahy draslíku, sodíku a alfa-amino-dusíku jsou označovány jako rozpustné popeloviny a jejich přítomnost je v cukrové řepě nežádoucí. Výtěžnost rafinády z polarizačního cukru se díky nežádoucím látkám jako jsou draslík, sodík a alfa-aminodusík, může snížit až o 10 - 20 %. Tento cukr se přesouvá a zůstává v melase (Chochola 2010). Draslík (ve formě K₂O) zaujímá největší podíl z celkového množství popelovin, a to 35 – 42 %.

Cukrovary zjišťují obsah těchto nežádoucích látek při výkupu bulev a následně jsou výsledky zohledněny do kalkulované ceny výkupu bulev (s ohledem na obsažené množství v bulvách). Proto se v praxi využívají agrotechnické opatření, které vedou k zajištění dobré cukernatosti, což má za následek minimalizaci obsahu melasotvorných látek. (Chochola 2010).

3.8 Struktura porostu

Hustota porostu, tj. počet rostlin na jednotku plochy, je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících ukládání sušiny v rostlinách cukrové řepy a tvorbu výnosu (Evans &

Messerschmidt 2017). Obsah sušiny významně ovlivňuje několik environmentálních proměnných, jako je půdní vláhá, půdní dusík, povětrnostní podmínky, odrůda, hustota porostu, napadení chorobami a škůdci atp. (Jelić et al. 2019).

Hustota řepného porostu se dnes pohybuje okolo 100 tis. rostlin na 1 ha (Varga et al. 2015). Při vyšší hustotě (více než 140 tis. rostlin na 1 ha) mohou rostliny trpět nedostatkem vláhý, živin i světla, a to může způsobit snížení výnosu bulev. Na druhé straně je při menší hustotě porostu (při 40 - 60 tis. rostlin na 1 ha) vzdálenost mezi rostlinami větší, tudíž nadzemní část rostlin i kořen jsou větší, chrást se rozrůstá do větší plochy, ale je nižší cukernatost (Jelić et al. 2019).

Při hustotě 30 tis. až 70 tis. rostlin na 1 ha byly výnosy bulev řepy, cukernatost a výnos bílého cukru pod průměrem. Nejvyšší výnos bulev ($62,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), cukernatost (14,40 %) a výnos bílého cukru ($7,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) byly dosaženy při hustotě porostu 110 000 rostlin na 1 ha (Jelić et al. 2019).

3.9 Výživa

Cukrová řepa je plodinou na živiny velmi náročnou. V průměru odčerpá na 1 tunu 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 (Richter & Hřivna 2001). 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. Cukrovka je plodinou s velkými nároky na mikroelementy (Hřivna et al. 2014).

3.9.1 Dusík

Společně s většinou druhů plodin je důležitým prvkem ve výživě cukrové řepy dusík. Od začátku pěstování řepy pro živočišnou a lidskou výživu bylo okamžitě zřejmé z bledež nažloutlých zelených listů, když byl dusík nedostačující. Pěstitelé si rychle uvědomili, že organické hnojivo (a později minerální hnojiva) opravilo nedostatky, zvýšilo tempo růstu a výrazně zlepšilo výnos bulev. Cukrová řepa přijímá půdní dusík efektivněji než většina plodin, ale ve většině případů potřebuje dvojnásobek. Jak nejlépe využít vliv přidávání dusíku v jeho různých formách, je ústředním bodem výzkumných programů s cukrovou řepou v každé zemi, kde se pěstuje. Až do druhé poloviny 20. století se práce soustředila téměř výhradně na vliv prvku na výnos. Pak se pozornost zaměřila na negativní účinky dusíku na kvalitu kořenů a extrakci cukru. Výzkum v šedesátých a sedmdesátých letech se zaměřil nejen na výnos, ale také na vliv dusíkatých hnojiv na účinnou výrobu cukru. V posledním období 20. století práce pokračovala rychle, ale mnoho z nich se dostalo do poměrně jiného úhlu. Pozornost byla věnována možným negativním účinkům přebytků dusíku v půdě na zdraví a na kvalitu životního prostředí. Vyluhování dusičnanů z půdy do vodních zdrojů vedlo ke stanovení limitů. Žádná revize výživy dusíku cukrové řepy není nyní dokončena, aniž by se uvažovalo nejen o použití hnojiv pro plodiny, ale také o širších otázkách jejich vlivu na půdu, vodu a životní prostředí (Draycott & Christenson 2003).

3.9.1.1 Dusík v atmosféře a půdě

Přibližně tři čtvrtiny vzduchu v atmosféře, která pokrývá zemský povrch, je dusík (N_2), který činí 77 000 tun nad každým hektarem (Foth & Ellis, 1997, Draycott & Christenson 2003). Atmosférický dusík je k dispozici pouze určitým rostlinám a rostlinným asociacím, které jsou schopny narušit trojnou vazbu molekuly dusíku, a to cukrová řepa není. Průmyslová fixace vyžaduje výdaje energie, obecně od fosilních palivových zdrojů. Pevný dusík je ekonomicky dostupný pro hnojivo v amoniaku (NH_3), dusičnanech ($(NO_3)^-$) a souvisejících formách, např. močovina ($CO(NH_2)_2$) (Draycott & Christenson 2003).

Více než 90 % dusíku v půdě je vázáno v organické hmotě, která obsahuje přibližně 5 % dusíku. Hektar půdy (hloubka 30 cm, sytná hustota $1\,333\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) obsahuje 2 000 kg organického dusíku pro každé procento organické hmoty. Při předpokládané roční míře rozkladu asi 1 % by bylo 20 kg dusíku mineralizováno pro každý procentní podíl organické hmoty v půdě. Množství mineralizovaného dusíku je široce proměnlivé napříč půdami kvůli různým obsahům organických látek a různým poměrům mineralizace. Mineralizace se také liší jak v rámci ročních období, tak mezi jednotlivými klimatickými podmínkami. Mezi další složky tohoto prvku v půdě patří dostupný minerální dusík (NH_4^+ a NO_3^-) a NH_4^+ fixovaný v jílových minerálech. Tento podíl představuje méně než 10 % celkového dusíku, zatímco první představuje méně než 1 %. Přidání hnojiva zvyšuje půdní minerální dusík, ale účinek je poměrně malý a dočasný. Nejdůležitější jsou obvykle organické hmoty, když dochází k oxidaci, hnojivo podávané specificky pro cukrovou řepu. V rotacích obsahujících luštěniny je důležitým zdrojem biologická fixace. Polní fazole mohou fixovat 50 – 100 kg N.ha⁻¹. Zpočátku je tento dusík inkorporován do půdní organické hmoty, ale rychle poskytuje velké množství minerálního dusíku pro následující cukrovou řepu (Draycott & Christenson 2003).

3.9.1.2 Koncentrace dusíku v sušině cukrové řepy při sklizni

Koncentrace dusíku v celých vrcholcích se liší v závislosti na dodávce dusíku, ale pohybuje se od 1,0 do 3,5 %. Koncentrace v kořenech je méně variabilní v rozmezí od 0,5 do 0,8 % . Rozsah v listech je 2,2 – 3,5 % a pro stonky (řapíky) 1,0 – 1,5 %. Tam, kde plodiny delší dobu rostou buď v nedostatečném nebo v nadbytečném zásobování dostupného půdního dusíku, mohou být příležitostně zjištěny hodnoty mimo tyto rozsahy (Draycott & Christenson 2003).

Ze všech živin rostlin má aplikace dusíku ve většině situací nejvýraznější účinek na vzhled plodiny. Barva listů se mění z bledě zelené nebo žluté na tmavě zelenou. Plocha listů a celková vitalita plodiny jsou viditelně zlepšeny. Ještě důležitější je, že bulvy se zvětšují, a tak se zvyšuje výnos a zisk (Draycott & Christenson 2003).

3.9.2 Fosfor

Množství celkového fosforu přítomného v půdě obecně odráží koncentraci prvku v minerálech původního materiálu. Hodně z fosforu ve skalách je ve formě apatitu ($Ca_{10}(PO_4)_6X_2$, kde X může být OH^- , Cl^- nebo F^-). Během zvětvávání se fosfor uvolňuje jako rozpustné ionty, které mají být buď odebírány kořeny, nebo jsou opět nerozpustné. Jen málo půd obsahuje ve svém přirozeném stavu mnoho fosforu, proto je živina v hnojivech pro

produkcí plodin tak důležitá. V průzkumech koncentrací fosforu v půdách mírných klimatických oblastí autoři uváděli rozmezí 0,04 až 0,4 % P (400 – 4 000 mg P.kg⁻¹). Již asi 150 let se v mnoha půdách v produkci plodin dostalo pravidelného přísunu fosforového hnojiva, které značně zvýšilo rezervu celkového fosforu v půdě. V případě fosforu je atmosférická depozice zanedbatelná. Dešťové srážky a suchá depozice poskytují pouze 0,2 – 1,5 kg P.ha⁻¹ rok, pravděpodobně pocházející z prachu přeneseného do atmosféry z větrné eroze půdy. Dostupný fosfor rozpuštěný v půdním roztoku je kontrolním bodem dostupnosti cukrové řepy. Koncentrace v roztoku je obvykle velmi nízká 0,1 mg.kg⁻¹, ale s tím, jak úroda odstraní fosfor z roztoku, více se rozpouští z pevné fáze. Rychlost doplňování do roztoku je kritická během rychlého růstu plodiny. „Labilní fosfor“ je termín používaný k popisu téměř snadno dostupných forem prvku, který odlišuje tuto část od pomalu se rozpouštějících forem celkového přítomného fosforu (Draycott & Christenson 2003).

Studie z roku 1995 ukazuje, že v typické ornici (0 – 30 cm) cukrové řepy bylo méně než 2 kg P₂O₅ na 1 ha v ihned dostupné rostlinné formě. Labilní fosfor činil 50 kg P₂O₅ na 1 ha nebo přibližně 1% celkového množství v ornici. Převládají nedostupné frakce, které jsou vázány v organické hmotě a představují většinu (3,5 tuny P₂O₅ nebo 70 %) a fosforečnany železa, vápníku a hliníku, které představují 1,5 tuny P₂O₅ na 1 ha, neboli asi 30 % celkového množství (Allison & Chapman 1995).

Fosfor aplikovaný v komerčních hnojivech nebo organických hnojivech se přidává přímo k dostupné frakci a do labilních a nestabilních forem. Ve vápenatých půdách se přidává fosfor v sérii fosforečnanů vápenatých, které se nakonec stávají apatitem. Hlavním důvodem, proč je cukrová řepa pěstovaná na vápenatých půdách často velmi produktivní, je to, že sloučeniny fosforu přispívají k labilní frakci a tím i k uvolňování fosforu v půdním roztoku. V mírně kyselých až neutrálních půdách (pH 6,1 – 7,3) mohou existovat fosfáty, ale s přítomností K⁺ a NH⁴⁺ z hnojiv nebo hnoje se vytvoří další minerály. Kromě toho se v tomto rozmezí pH tvoří fosforečnany hlinité a tyto a další sloučeniny přispívají k labilní zásobě. V případě fosforu a dalších pomalu se pohybujících živin v půdě napomáhá příjem rostlinami mykorhizní bakterie. V případě cukrové řepy, mykorhizní bakterie úplně chybí. Praktické důsledky absence mykorhizních bakterií na kořenech cukrové řepy mají malou pozornost (Draycott & Christenson 2003).

V kombinaci s mnoha jinými rostlinami je fosfor přijímán kořeny cukrové řepy proti strmému koncentračnímu gradientu. Je to aktivní proces s adenosintrifosfátem (ATP), který dodává energii pro příjem. Jakmile jsou fosfátové ionty přijaty, jsou v rostlině mobilní a rychle se začleňují do organických sloučenin. Jednou z důležitých funkcí fosforu je samotná tvorba ATP. ATP se pak používá k přenosu energie vyrobené fotosyntézou do energie uložené jako cukr. Proto je po celou dobu životnosti plodiny až do dne sklizně nezbytný dostatečný přísun fosforu pro udržení účinné produkce (Draycott & Christenson 2003).

3.9.3 Síra

Síra je nezbytná pro tvorbu bílkovin v cukrové řepě, jako ve všech rostlinách, a poměr dusíku k síře je ve zdravých rostlinách obvykle asi 15:1 hmotnostní. Síra je přítomna v půdě v organických a anorganických formách. Ve vyluhovaných písčitých půdách může být méně než 200 mg S.kg⁻¹, zatímco jemně strukturované půdy s malým množstvím louhu a některými

solnými půdami mohou obsahovat více než 3 g S.kg⁻¹. Organické formy síry jsou přítomny v odumřelém rostlinném materiálu, jako jsou kořeny a zbytky plodin, v organických hnojivech, mikroorganismech a zvlhčených organických látkách. Anorganické formy síry pocházejí z půdního matečného materiálu, atmosférické depozice (zejména v industrializovaných oblastech světa) a oxidací nebo redukcí půdní organické síry. Při aerobní reakci sloučeniny síry oxidují pomalu na sírany a za anaerobních podmínek se sloučeniny síry redukují na sulfidy. Tyto posledně uvedené údaje zčásti odpovídají „zápachu zkaženého vejce“ (H₂S), s nimiž se lze setkat, když se organická hmota rozkládá v zamokřené půdě (Draycott & Christenson 2003).

Rozdíly v mateřském materiálu, depozice, rozsahu loužení a množství organické hmoty způsobují velké rozdíly v celkové koncentraci síry v půdách. To, co určuje dostupnost této síry, je množství přítomné jako síranové ionty. Ty jsou ve většině půd slabě zadržovány a jsou převedeny do kořenů hmotnostním tokem v transpiračním proudu vody. V tomto mechanismu transport kontrastuje ostře s fosfátovými ionty. Ty jsou silně adsorbovány a pohybují se pouze pomalu a difuzí. To je také důvod, proč se síranové ionty snadno vyluhují, zatímco fosfátové ionty se z kořenové zóny nepohybují (Draycott & Christenson 2003).

3.9.4 Draslík a sodík

Draslík a sodík jsou dva důležité kationty ve výživě cukrové řepy. Obě tyto látky jsou makroprvky, které jsou odebírány a využívány ve velkém množství plodinami cukrové řepy a poskytují tak optimální výnos. Tento velký příjem sodíku je u plodin neobvyklý, většina z nich má mechanismus vylučování sodíku v kořenech. Cukrová řepa je halofyt, který absorbuje a asimiluje sodík (Draycott & Christenson 2003).

Draslík a sodík mají podobné účinky na růst a produktivitu cukrové řepy. Mnohé experimenty z 19. století ukázaly, jak draslík výrazně zlepšuje ranou sílu, růst a výnos cukru. Nedávno bylo zjištěno, že i sodík hraje podobnou roli a pro špičkový výkon musí plodina načerpat dostatek obou prvků (Draycott & Christenson 2003).

Různé formy draslíku přítomné v půdě existují ve čtyřech hlavních skupinách (nebo kategoriích): okamžitě dostupný rostlinám, v půdním roztoku; snadno dostupný ve vyměnitelné formě, k dispozici je také zásoba pomalu dostupného draslíku a v minerálech přítomný draslík. Draslík ve čtyřech zásobnících je v reverzibilní dynamické rovnováze, tj. když kořeny rostlin odebírají draslík z půdního roztoku, je doplňován vyměnitelným a pomalu vyměnitelným draslíkem. Když je draslík přidáván do půdy v minerálních a organických hnojivech, zpočátku přechází do půdního roztoku a pak je rozdělen mezi vyměnitelné a pomalu vyměnitelné zásoby draslíku. Ve vlhkém prostředí se některé postupně vyluhují z půdy po dlouhou dobu, i když mnoho z nich je zachováno začleněním do sekundárních minerálů nebo kationtovou výměnou na jílových minerálech a organických látkách. V aridních podmínkách může být draslík zadržován prostřednictvím srážení v solích, jako jsou sírany a chloridy. Velká část draslíku v půdě je přítomna jako nedostupná nebo pomalu dostupná forma. Představuje více než 90 % draslíku v půdě a je primárně obsažen v živcích, ale některé jsou také přítomny v slídě. Pomalu dostupný draslík se udržuje v jílových minerálech, jako je slída a vermikulit, a představuje méně než 10 % celkového draslíku v půdě (Draycott & Christenson 2003).

Množství je často spojeno s dřívější aplikací hnojiv a hnoje. Poté, kdy rostliny spotřebují draslík okamžitě dostupný rostlinám, pomalu vyměnitelný draslík ho začne okamžitě nahrazovat. I když tato náhrada může být rychlá, rychlost náhrady je často nedostatečná k udržení maximálního výtěžku (McLean & Watson, 1985, Draycott & Christenson 2003).

Podobně jako u jiných kationtů pomáhá draslík udržovat osmotický potenciál buněk. Tam, kde je draslíku nedostatek, je plodina náchylnější k suchu. Kationty také neutralizují organické kyseliny a pomáhají stabilizovat pH uvnitř rostliny. Draslík má zvláštní roli ve většině rostlin při otevírání a zavírání stomat. Je také velmi mobilní v rostlinných tkáních a nachází se v celé rostlině. To je důležité pro fotosyntézu a dopravu cukru produkovaného v listech. Při sklizni mají rostliny s obsahem draslíku (a sodíku) významně vyšší procento cukru než ty, u kterých nebyly podávány. To má důležité finanční důsledky, protože pro danou hmotnost vyrobeného cukru jsou pěstitelé často placeni úměrně více za kořeny s vysokým podílem cukru. Kromě toho se snižují náklady, protože pro danou hmotnost cukru se musí sklízet a přepravovat menší hmotnost kořenů (Draycott & Christenson 2003).

Draslík také zlepšuje výkonnost zvýšením plochy listů v dubnu až srpnu. To umožňuje úrodě zachytit více záření (zejména na jaře, kdy velký podíl padá na holou půdu), což dává úměrný nárůst výtěžku cukru. Zvýšená plocha listů se značně zvýšila na začátku sezóny a zlepšil se výtěžek cukru, což bylo částečně důsledkem zvýšeného zachycení světla (Farley & Draycott, 1974; Draycott & Christenson 2003).

Ve směsi s draslíkem je sodík přítomen v mnoha minerálních látkách, z nichž se tvoří půda. Během zvětrávání a jiných půdotvorných procesů se uvolňuje sodík. Množství přítomné v jakékoli konkrétní půdě závisí na koncentraci původně přítomné v těchto minerálech. Hlinité horniny obecně obsahují nejvíce sodíku a půdy vytvořené z nich se obvykle pohybují v koncentraci celkového sodíku v řádu 1 – 2 %. Naproti tomu v půdách tvořených sedimentárními horninami (kde minerály často měly mnoho fyzikálních a chemických změn) je celková koncentrace sodíku mnohem menší a může se pohybovat od 0,02 do 0,1 % (Draycott & Christenson 2003).

V mnoha lehkých písčitéch půdách, kde se pěstuje cukrová řepa, může celkový sodík klesnout pod 0,02 %. Pro průměrný řez brázdy se tedy může celkový obsah sodíku pohybovat od 0,6 do 60 tun Na.ha⁻¹. Procesy tvorby půdy uvolňují každý rok malou frakci. To spolu s atmosférickou depozicí, organickými přísadami a hnojivy je součástí cukrové řepy. Dostupný sodík je odebírán cukrovou řepou ve formě iontů Na⁺ z půdního roztoku, stejně jako iontů K⁺. Nicméně sodík není fixovaný uvnitř struktury jílu ve formě snadno dostupné pro rostliny. Bylo prokázáno, že oba prvky byly odebírány ve velkém množství a výrazně zvyšovaly růst a výtěžek podobným způsobem (Draycott & Christenson 2003).

V oblastech pěstování cukrové řepy, kde roční srážky převyšují vypařování a transpirace, je sodík v iontové formě rychle vyluhován z půdy a sodík uvolňovaný z minerálů během povětrnostních vlivů a z hnojiv a organických látek se nehromadí. Situace je zcela odlišná v podnebí, kde odpařování převyšuje srážky; sodík se hromadí v půdě a koncentrace může být dostatečně velká, aby poškodila plodiny (Draycott & Christenson 2003).

Koncentrace ve vrcholcích je až 20krát větší než v kořenech. Pokud se z pole odstraní pouze kořeny, vrátí se devět desetin celkové rostliny sodíku do půdy. V souhrnu mnohem dřívějších prací, kdy výnosy kořenů byly obvykle nižší než 50 t.ha⁻¹, zjistili, že zralá plodina

obsahovala asi 60 kg Na.ha⁻¹, 7 kg.ha⁻¹ v kořenech a 53 kg.ha⁻¹ v horní části (Draycott & Christenson 2003).

Sodík a draslík byly v rostlině a při sklizni distribuovány odlišně: pouze 6 % celkového sodíku bylo v kořeni ve srovnání s 33 % draslíku. Závěr byl, že sodík je živinou pro cukrovou řepu a nikoliv jako náhražka draslíku. Sodík během celého vegetačního období zvýšil výnos sušiny vrcholů a kořenů. Také v říjnu až prosinci se zvýšil výnos cukru u každé ze tří sklizní, ale velikost nárůstu byla vždy stejná. Zdá se, že sodík zvyšuje výtěžek cukru několika nezávislými účinky (Draycott & Christenson 2003).

3.9.5 Vápník i hořčík

Vápník a hořčík jsou hlavní makroprvky. V případě cukrové řepy jsou množství na hektaru plodiny podobné jako u fosforu a síry, ale nižší než u dusíku a draslíku. Zdravá řepa obsahuje mnohem více v listech, než v kořenech. Příznaky nedostatku vápníku jsou zřídka pozorovány, protože cukrová řepa musí být pěstována v půdách s téměř neutrálním pH. Takové půdy se udržují v blízkosti neutrálního bodu buď minerály obsahujícími vápník v mateřském materiálu nebo pravidelným přidáváním vápna. V mírném podnebí tedy půdní komplex obvykle dominuje ionty Ca²⁺ v množství, které je mnohem vyšší než potřeba plodin. Příznaky nedostatku vápníku jsou příležitostně pozorovány tam, kde byla způsobena nerovnováha kationtů na půdním komplexu, např. zaplavením vodou nebo nadbytkem kationtového hnojiva (Draycott & Christenson 2003).

Příznaky nedostatku hořčíku na cukrové řepě se vyskytují poměrně běžně, pokud jsou půdy písčité. Na všech hlinitých půdách jsou jíly a organické půdní příznaky vzácně viditelné, protože při povětrnostních vlivech se uvolňuje dostatek. Pouze v případech, kdy jsou kořeny poškozeny (např. škůdci) nebo jsou omezené (např. zhutněním) nebo jiný kation je v nadbytku (např. draslík nebo sodík), je pozorován nedostatek hořčíku. Na písčitých půdách obsahují minerály velmi málo hořčíku a tam, kde je intenzivní pěstování prováděno na statkových farmách, je hořčík neustále odstraňován a musí být nahrazen hnojivem (Draycott & Christenson 2003).

Množství vápníku v půdě se velmi liší v závislosti na mateřském materiálu, stupni zvětvávání a množství louhu. Koncentrace ve většině půd se pohybuje od 0,1 do více než 3 %. Staré půdy, půdy odvozené od kyselého matečného materiálu a půdy, které byly vysoce zvětralé a louhované, mají nejmenší obsah vápníku. Půdy vytvořené z alkalických nebo vápenatých materiálů obsahují mnohem více vápníku a ty, které obsahují více než 3 % Ca, jsou definovány jako vápenaté. V suchých a polosuchých půdách se vápník může hromadit v kořenové zóně cukrové řepy, celková koncentrace vápníku se poté pohybuje v rozmezí od 3 do 25 % suché hmotnosti, vápník uvolňovaný z minerálů do půdního roztoku se rychle absorbuje na výměnném komplexu, takže množství vápníku je obvykle větší v půdách s obsahem jílu (Draycott & Christenson 2003).

Pěstování cukrové řepy obvykle obsahuje dostatek vápníku, aby byla zajištěna nutriční potřeba pěstovaných plodin. Vápník se pohybuje na povrchu kořene hmotnostním tokem, pohybem spojeným s čistým pohybem vody. Z toho vyplývá, že množství vody pohybující se na povrchu kořene bude ovlivněno rychlostí transpirace. Primární příčinou nedostatku vápníku u cukrové řepy není obvykle příprava z půdy, ale spíše příjem, translokace, využití v rostlině

nebo nejčastěji nadměrný přísun jiného kationtu. Nedostatek vápníku během období rychlého růstu a vysokého hnojení dusíkem je vysvětlen nadprodukcí oxalátu v expandovaných mladých listech (Draycott & Christenson 2003).

Hlavní úloha vápníku v rostlinách spočívá v zajištění stability buněčných stěn. Vápník „detoxikuje“ jiné ionty a působí proti účinku nízkého pH na příjem živin. Vápník je nezbytný pro organizační integritu a funkci membrán uvnitř buněk. Buněčné dělení a prodloužení závisí na adekvátní dodávce vápníku. Protože vápník je translokován v xylemu, ale ne ve floemu, vápník je spíše nehybný a není snadno redistribuován uvnitř rostliny (Draycott & Christenson 2003).

Celkový obsah hořčíku v půdě je obvykle v rozmezí 0,1 – 1,0 %, vyskytuje se v primárních minerálech. Všechny minerály a jíly uvolňují hořčík během zvětrávání, obvykle v množství dostatečném pro většinu plodin. Některé půdy mohou obsahovat více než 10 % hořčíku, pokud jsou vytvořeny na základním materiálu dolomitického vápence (směsný uhličitán hořečnatý a vápenatý) nebo magnezit (uhličitán hořečnatý). Také v některých aridních a polosuchých oblastech může být přítomen epsomit a další soli, což má za následek velkou celkovou koncentraci hořčíku v půdě. Cukrová řepa a podobné rostliny zabírají hořčík z půdního roztoku jako Mg^{2+} . Tato zaměnitelná nebo „dostupná“ koncentrace v půdách se obvykle pohybuje v rozmezí od 10 do 500 mg půdy. Hořčík je přítomen na výměnném komplexu stejně jako v půdním roztoku a jednoduchý extrakční postup s vodným roztokem soli (obvykle dusičnan amonný nebo acetát) odráží množství snadno dostupné pro cukrovou řepu a jiné plodiny, jak je popsáno níže. Střední a jemně strukturované půdy obsahují více hořčíku než písčité půdy, takže nedostatky jsou častěji pozorovány na písčitých půdách než na hlínách a jílech (Draycott & Christenson 2003).

Hlavní funkcí hořčíku v rostlinách je jeho úloha centrálního atomu v chlorofylu. Také hraje nepostradatelnou roli v syntéze proteinů jako můstkový prvek pro agregaci jednotek ribozomu. Další důležitou úlohou hořčíku v rostlinách je aktivace enzymů a přenos energie. Skupiny aktivovaných enzymů jsou fosfatázy a karboxylasy. Přenos energie zahrnuje ATP a skupinu enzymů označovaných jako adenosin trifosfatázy (ATPázy), které jako hořčík používají ATP hořčíku. Hořčík hraje velkou roli v reakcích spojených s dýcháním a fotosyntézou (Draycott & Christenson 2003).

3.9.6 Bór

Bór je jedním ze základních prvků pro rostliny a jediný nekovový prvek mezi ostatními sedmi mikroelementy. V roce 1808 ho objevili Gay Lussac a Thenard (Hřivna et al. 2014). 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 (vlivem zmenšení listové plochy) a také snižuje cukernatost (Bittner & Běhal 2010).

Bór se podílí zejména na metabolismu cukrů a buněčném dělení. Kromě těchto dvou úloh má vliv na nejméně 14 dalších funkcí v rostlině. Je důležitý pro translokaci sacharidů přes membránu do kořenových a listových meristémů, strukturu a funkci buněčné stěny. Bylo pozorováno, že se bór hromadí v koncích listů, kde jsou koncentrace 5 krát až 10 krát vyšší

než v celém listu (Gupta & Solanki 2013). Bór také pomáhá k lepšímu využití vápníku. 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 (lépe než ostatní prvky), a to zejména v oblastech, kde srážky přesáhnou bod evapotranspirace, nebo kde se cukrovka zavlažuje. Je zřejmé, že k největšímu nedostatku bóru dochází na písčitéch půdách v důsledku jeho malé zásoby v půdě, vyplavování (zejména v kyselých půdách) a zvýšené absorpci v půdách alkalických, také i kvůli tendenci bóru přecházet v relativně nerozpustný boritan vápenatý. Suchá léta mohou i ve vlhkých oblastech způsobit nedostatek bóru, a to buď snížením průtoku půdního roztoku, nebo nepřímo snížením mikrobiální aktivity. V některých případech mohou příznaky nedostatku bóru zmizet, pokud se opět dostaví srážky (Hřivna et al. 2014).

3.9.7 Flavonoidy

Flavonoidy jsou syntetizovány v reakci na vývojové a environmentální signály a plní mnoho funkcí v rostlinách. Flavonoidy se však hromadí v kořenových špičkách rostlin se světlými výhonky a světlem stíněnými kořeny, což je v souladu s pohybem flavonoidů z kořene. Flavonoidy jsou rostlinné sekundární metabolity, které mají důležité vývojové a fyziologické funkce, podílejí se na kontrole transportu auxinu, alelopatii, signalizaci symbiotických mikroorganismů, somatické embryogenezi, ochraně proti UV záření, obraně, barvení květů a disperzi semen, a zdá se, že se akumulují v buňkách kořenových orgánů (Buer et al. 2007).

Celkově bylo v extraktech kořenů identifikováno 21 konjugátů flavonoidů, z nichž některé obsahovaly až šest polohových izomerů (Pawlak-Sprada et al. 2011).

Chemická povaha a funkce flavonoidů závisí na jejich strukturní třídě, stupni hydroxylace, substitucích / konjugacích a buněčné lokalizaci. Pro splnění svých biologických rolí vyžaduje místo biosyntézy flavonoidů, úložného prostoru a buněčné aktivity, účinný membránový transport. Kromě dobře známých mechanismů primárních a sekundárních transportérů, nedávno vznikla nová hypotéza, která zahrnuje usnadněný pasivní transport, aby lépe vysvětlila proces akumulace flavonoidů (Filippi et al. 2016).

Buněčné suspenzní kultury *Eschscholtzia californica* produkují relativně velké množství alkaloidů benzofenanthridinu. Orthovanadát sodný se používá jako abiotický elicitor k indukci biosyntézy alkaloidů v kulturách *E. californica*. Odezva buněčné kultury na tento abiotický elicitor je velmi podobná odezvě pozorované po vyvolání pomocí biotického elicitoru (sacharidová frakce z kvasničného extraktu). Buňky ošetřené kvasinkovým elicitem vylučují velkou část alkaloidů produkovaných do růstového média (až 50 % celkových alkaloidů), zatímco buňky ošetřené orthovanadátem uvolňují do média velmi malá množství alkaloidů (méně než 10 % celkových alkaloidů). Tyto výsledky naznačují, že v plazmatické membráně buněk *E. californica* je přítomen aktivní transportní systém, případně specifický pro alkaloidy benzofenanthridinu (Villegas et al. 2000).

3.9.8 Fytoalexiny

Fytoalexiny se účastní složitého obranného systému, který používají rostliny proti škůdcům a patogenům. Jedná se o antimikrobiální sloučeniny s nízkou molekulovou hmotností, které jsou syntetizovány a akumulovány v rostlinách jako reakce na biotická a abiotická napětí. Koncept fytoalexinů byl poprvé představen před více než 70 lety Müllerem a Börgerem poté, co zjistili, že infekce bramborových hlíz kmenem *Phytophthora infestans* schopným iniciovat hypersenzitivní reakce významně inhibuje účinek následné infekce jiným kmenem *P. infestans*. Tato inhibice byla spojena s „principem“ produkovaným rostlinnými buňkami reagujícími hypersenzitivně (fytoalexin). Většina z fytoalexinů pochází z omezeného počtu rostlinných čeledí: *Leguminosae* nebo *Fabaceae* a *Solanaceae* na jedné straně a vyšetřování jednoho nebo několika druhů v jiných rostlinných rodinách, konkrétně *Amaryllidaceae*, *Euphorbiaceae*, *Orchidaceae*, *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Convolvulaceae*, *Ginkgoaceae*, *Poaceae*, *Linaceae*, *Moraceae*, *Orchidaceae*, *Piperaceae*, *Rosaceae*, *Rutaceae* a *Umbelliferae* na straně druhé. Intenzivnější studie se v nedávné době zaměřily na fytoalexiny z významných rostlinných rodin: *Poaceae* (kukuřice a rýže), *Vitaceae* a *Malvaceae* (bavlna). Camalexin, hlavní fytoalexin z *Brassicaceae* (*Cruciferae*), byl také předmětem řady studií zaměřených na biosyntetickou dráhu a regulační síť, které se podílejí na jeho produkci v modelové rostlině *Arabidopsis thaliana*. Stále však přetrvává otázka všudypřítomnosti fytoalexinů v rostlinné říši (Jeandet et al. 2014).

Fytoalexiny jsou omezeny na sloučeniny produkované ze vzdálených prekurzorů. Tato zvláštnost velmi komplikuje dešifrování jejich biosyntézy a regulačních mechanismů. Fosforylační kaskády, markerové geny související s obranou, senzory vápníku a elicitory, jakož i hormonální signalizace jsou potenciálně důležitými regulátory pro modulaci produkce fytoalexinu a rezistence vůči patogenům. Důsledkem toho je, že znalost kontrolních mechanismů akumulace fytoalexinu posloužila jako základ pro genetickou manipulaci těchto sloučenin v geneticky upravených rostlinách pro zvýšení odolnosti vůči chorobám. Inženýrství fungálních genů zodpovědných za detoxifikaci fytoalexinů v rostlinách poukázalo na jejich úlohu v interakcích mezi rostlinami a patogeny. Ve fytopatogenních houbách mohou transportéry ATP extrudovat přípravky na ochranu rostlin, stejně jako fungicidy. Tyto transportéry působí jako faktory virulence poskytující ochranu proti fytoalexinům produkovaným hostitelem. Mnoho faktorů tak ovlivňuje výsledek interakce mezi rostlinami a patogeny (Jeandet et al. 2014).

Nedávno bylo prokázáno, že fytoalexiny mohou také vykazovat účinky na zdraví u lidí. Například resveratrol produkovaný *Vitaceae* byl uznáván pro své úžasné účinky a širokou škálu údajných léčebných a preventivních schopností jako kardioprotektivní, protinádorové, neuroprotektivní a antioxidační činidlo, jakož i antifungální a antibakteriální látka (Jeandet et al. 2014).

3.10 Stresové faktory

Abiotická napětí jsou důležitými faktory ovlivňujícími růst a vývoj rostlin, což vede ke snížení produkce plodin a dokonce i smrti rostlin. Aby rostliny přežily, využívají různé mechanismy, aby reagovaly a přizpůsobovaly se neustále se měnícím faktorům prostředí.

Pochopení molekulárních mechanismů odezvy rostlin na různá napětí napomůže zlepšení tolerance rostlin vůči abiotickému stresu prostřednictvím genetického inženýrství, což by výrazně podpořilo rozvoj moderního zemědělství. Protein kináz, největší genová rodina v rostlinách, hraje kritickou úlohu v regulaci vývojových procesů rostlin, signálních sítí a odolnosti vůči chorobám. Ukázalo se, že mnoho proteinu kináz se podílí na abiotických stresových reakcích, včetně reakce kyseliny abscisové, signalizace vápníku a antioxidační obrany (Ye et al. 2017).

Abiotická napětí, jako je sucho, slanost, chlad, toxické kovy (metaloidy), ozón a UV-B záření, jsou nejnáročnější hrozbou pro plodiny. Kromě těchto napětí se RLK také účastní jiných abiotických stresových reakcí, jako je nedostatek minerálů a mechanické zranění (Ye et al. 2017).

Když jsou rostliny vystaveny mechanickému poranění způsobenému spásáním zvířaty, začínají depolarizací buněčné membrány, aktivací vápníkových kanálů regulujících rostlinné hormony a řadu odpovědí. Gen *Arabidopsis*, *lecRK-a1*, byl indukován v odezvě na mechanické zranění (Riou et al. 2002).

Během celého životního cyklu jsou rostliny vystaveny neustále měnícímu se prostředí. RLK jsou velké genové rodiny v rostlinách a některé se účastní odezvy na různá abiotická napětí. RLK jsou indukovány za abiotického stresu a regulují expresi genů reakcí na abiotický stres a přenos signálu pro zmírnění stresu (Ye et al. 2017).

ABA působí jako klíčový faktor signálních drah v RLK, které reagují na sucho a stresy, a spouští hlavní změny v genové expresi a adaptivních fyziologických odpovědích, včetně růstu kořenů, uzavření stomatálů, modulace vegetativního růstu a senescence (Kim et al. 2012).

3.10.1 Sucho

Sucho je velkým environmentálním stresem a má škodlivé účinky na procesy růstu rostlin. Rostliny vyvinuly mnoho vývojových a fyziologických mechanismů k překonání stresu suchem, včetně morfologických, fyziologických, buněčných a molekulárních úrovní (Dorothea & Ramanjulu 2005; Yu et al. 2013).

ABA, působící jako klíčový zprostředkovatel abiotické stresové reakce, může regulovat expresi genů reakce osmotického stresu, adaptivních fyziologických reakcí a modulace růstu rostlin (Kim et al. 2012). Kromě toho bylo prokázáno, že ABA hraje klíčovou roli v reakci RLK na stres ze sucha. Když byly rostliny vystaveny abiotickým stresům, zvýšily se hladiny ABA a aktivovaly se pozitivní regulační cesty, což vedlo ke stomatálnímu uzavření a snížení odpařování vody pro udržení růstu (Ye et al. 2017).

3.10.2 Zasolení

Vysoký solný stres zpomaluje růst rostlin a snižuje výnosy. Byly studovány četné rostlinné geny podílející se na reakci na solný stres, aby se určily jejich relevantní mechanismy. Mnoho studií se zaměřilo na charakterizaci a funkci kináz podobných pektinovým receptorům v toleranci abiotického stresu, konkrétně pro slanost (Ye et al. 2017).

Rostliny s nadměrnou expresí pektinových receptorů vykazovaly větší toleranci vůči solnému stresu, zvýšila se také absorpce vody v rostlině z důvodu aktivace vodních kanálů nebo

transportérů Na^+ . Vodní kanály bojovaly s osmotickou složkou solného stresu pomocí pektinových receptorů (Ye et al. 2017).

3.10.3 Chlad

Chlad přímo ovlivňuje propustnost buněčné membrány a kinetiku enzymů a vede k redukcii fotosyntézy, metabolické poruše, narušení transportu materiálu a případně poškození rostlin (Janská et al. 2010).

Identifikace klíčových genů, které reagují na chlad, byla prioritou pro zlepšení odolnosti půdy v zimním období. Předpokládá se, že vápníkem zprostředkovaná signalizace hraje klíčovou roli v odpovědích rostlin na chlad a některé geny regulované vápníkem byly nalezeny a potvrzeny (Ye et al. 2017).

CRLK1 je lokalizován hlavně v plazmatické membráně. Hladina proteinu CRLK1 se rychle zvýšila po ošetření chladem a léčbou peroxidem vodíku, což naznačuje, že se účastnily dráhy přenosu signálu oxidačním stresem souvisejících s chladem. Při chladu vykazovaly mutované rostliny CRLK1 zvýšenou citlivost na chlad ve srovnání s divokým typem a měly opožděnou indukci genů reagujících na chlad. Tyto výsledky ukázaly, že CRLK1 byl pozitivním regulátorem tolerance za studena v rostlinách a působil jako můstek v signalizaci vápníku a studené signalizaci (Ye et al. 2017).

3.10.4 Otrava těžkými kovy

Kovy (metaloidy) mohou být snadno přijaty rostlinami a vedou k různým příznakům toxicity, jako je chloróza, vadnutí a smrt buněk. Rostliny vyvinuly různé ochranné mechanismy proti toxickým kovům (metaloidům), včetně transportu, chelatace a skladování kovů (Hall 2012).

Ukázalo se, že WAK (Wall-Associated Kinases) hrají důležitou roli ve stresu toxických kovů. Jeden gen (WAK1) indukovaný hliníkem (Al) je významným kandidátem na ochranu rostlin proti toxicitě hliníkem (Sivaguru et al. 2003; Ye et al. 2017).

Bylo potvrzeno, že Cu-responzivní elementy (CuRE) jsou zapojeny do odpovědi na měď a byly identifikovány v oblasti promotoru WAK, tedy odezva hliníku nebo mědi může nastat prostřednictvím CuRE lokalizovaných v oblasti promotoru WAK (Ye et al. 2017).

3.10.5 Choroby a škůdci vzcházející řepy

Spála řepná je houbová choroba nejmladších rostlin. Má několik původců (houby rodu *Pythium*, *Aphanomyces* a *Phoma*) a podle podmínek v půdě (vlhkost, teplota) se mění váha těchto původců. Choroba se projevuje výpadky rostlin při vzcházení, šedohnědými až černými skvrnami na děložních lístcích, zeslabováním, černáním „mumifikací“ kořínku. Rostliny, které přežijí nerostou a vytvářejí množství postranních kořínků (vousatost). Základním opatřením proti spále je fungicidní moření osiva a potom vše, co zajistí rychlé vzejití a rychlý růst mladých rostlin. Tzn. dobrý odhad doby setí, zralost půdy a dobrý strukturní stav, „neutopit“ osivo, nerozprášit půdu, aby se nevytvořil škrálop (Chochola 2010).

Cerkosporová listová skvrnitost řepy (*Cercospora beticola*) Prvními příznaky napadení na listech jsou jednotlivé kruhové skvrny o průměru 3–5 mm s šedým středem a hnědým

okrajem. Většinou jde o ohniskový počáteční výskyt na pozemku. Na nekrotizovaných skvrnách jsou vidět stromata jako malé černé tečky. Pokud trvá teplé a vlhké počasí, pokryjí se léze šedavým povlakem konidií. Malé skvrny se postupně slévají a posléze vytvářejí velké nekrotické plochy. Starší listy rychle odumírají a napadení pokračuje na mladších listech. Nejmladší listy nebývají nikdy napadeny (Rostlinolékařský portál 2019).

Bakteriální nádorovitost - na kterékoliv části rostliny se mohou objevovat malé nádorky. Nejčastěji vznikají na kořenovém krčku a kořenech. Nové nádory jsou kulovité, jejich povrch je bělavý, hladký a měkký. Postupně se nádory zvětšují, tvrdnou, dřevnatí, hnědnou a jejich povrch se mění na zvrásněný. Nespecifickým příznakem napadení bývá zakrslost rostlin, chlorotické listy, které později od okraje odumírají a rostlina předčasně odumírá. (Rostlinolékařský portál 2019).

Bakteriální listová skvrnitost řepy - příznaky napadení, a to na listových čepelích a řapících, obvykle vznikají po poškození listového pletiva hmyzem či kroupami. Na listech jsou zpočátku vodnaté, tmavé skvrny, nepravidelného tvaru a velikosti. Skvrny bývají uprostřed šedivé, až světle hnědé a jsou lemovány tmavohnědě. Napadené listové pletivo při silném napadení může vypadávat a může docházet k celkovému odumírání listů. Žilky uvnitř skvrny jsou zčernalé. Na řapíku se objevují černé podlouhlé skvrny, které časem praskají (Chochola 2010).

Padání řepných rostlin - rostliny ve fázi 6 – 12 pravých listů po normálním vzejití začnou padat a vadnout. Listová růžice i kořen rostlin vypadá normálně, pouze na hypokotylu jsou rostliny silně zaškrčené, neunesou listovou růžici, vítr ji celou odlamuje. Původcem je houba *Fusarium oxysporum*. Typickým průběhem, který zvyšuje výskyt choroby, je teplé a vlhké počasí přicházející po období chladna. Při rychlém růstu řepy puká primární kůra hypokotylu a tak vzniká brána pro vstup infekce. Časné setí, po němž se rostlina dostává do nebezpečné fáze už v první polovině května, nebezpečí poněkud snižuje (Chochola 2010).

Škůdců vzcházející řepy je celá řada: maločlenec, drátovec, dřepčící, blýskáčci, háďátka, zavíječi a mšice. Jejich vliv je dnes velmi redukován účinným mořením osiva, zejména imidaclopridem (Rostlinolékařský portál 2019).

Slimáčci, nový, dříve prakticky neznámý škůdce na cukrovce. V západní Evropě se ovšem jako škůdce uvádějí desítky let. Současný zvýšený výskyt se tam dává do souvislosti s bezorebními technologiemi zpracování půdy a uváděním půdy do klidu. Slimáčci škodí požerky na rostlinách, škody začínají na okrajích polí a za vlhkého počasí se rychle rozšiřují. Slimáčci jsou aktivní v noci, den přežívají v půdních dutinách, pod hroudami a pod. Protože si dutiny sami nehloubí, je první preventivním opatřením pečlivé předseťové zpracování půdy s rozdrobením hrud a utužením seťového lůžka kombinátorem (Chochola 2010).

3.10.6 Mapy fenologických fází cukrovky

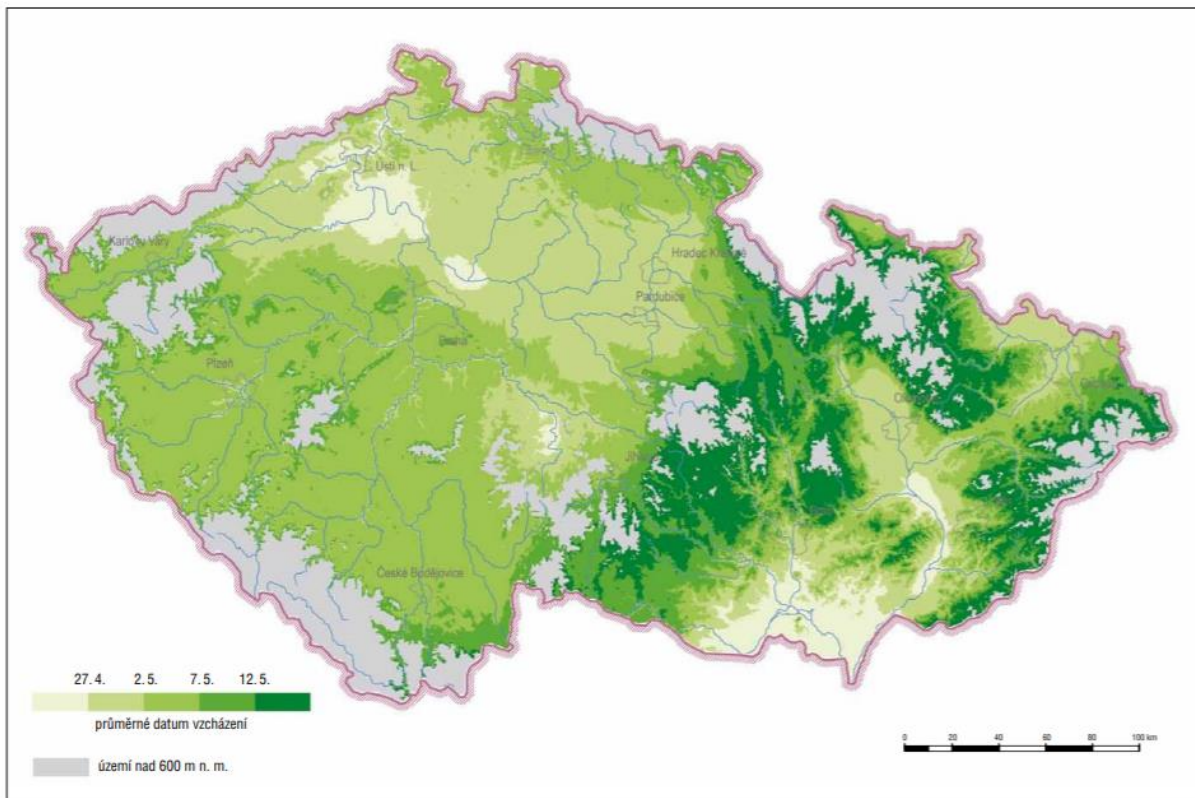
Cukrová řepa byla jednou z polních plodin sledovaných v rámci fenologické sítě ČHMÚ; v období 1991–2010 byla pozorována na 32 fenologických stanicích. Stanice se nacházely v nadmořské výšce od 155 m (Doksany, 50° 27' N, 14° 10' E) po 480 m (Slapy u Tábora, 49° 23' N, 14° 37' E).

Pozorování fenologických fází probíhalo podle jednotné metodiky popisující fenofáze:

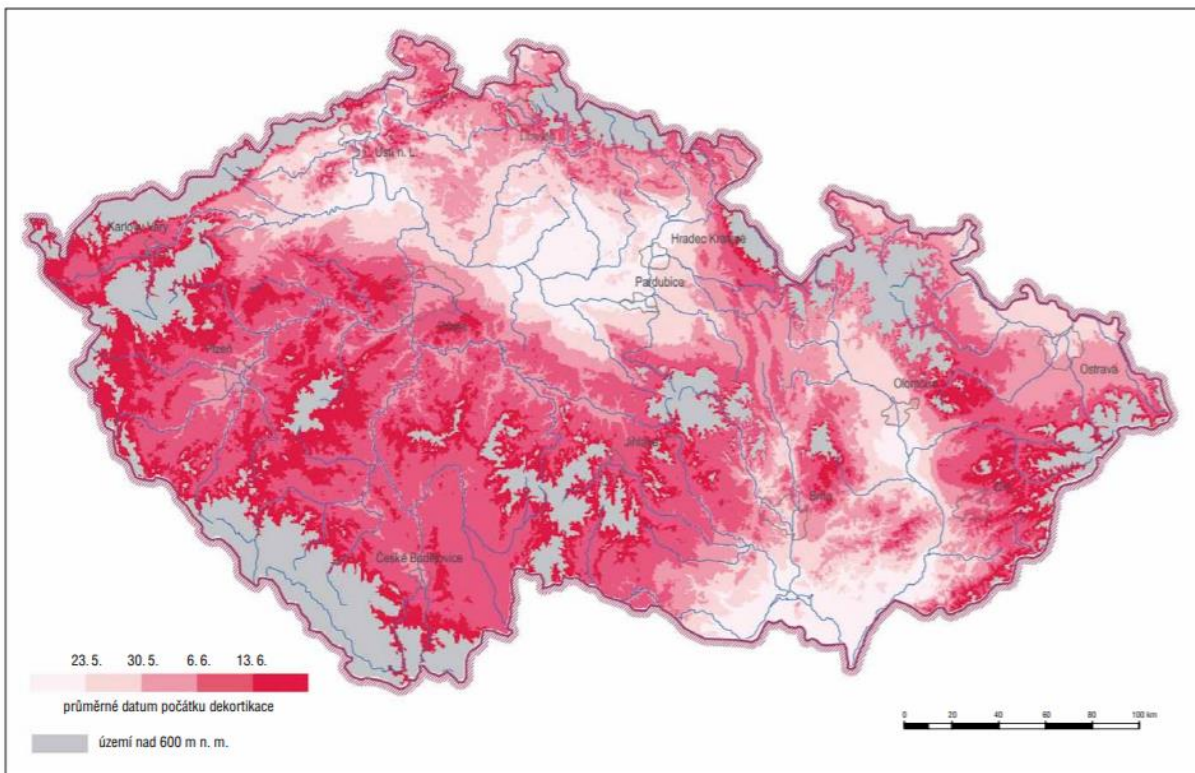
- Setí (není přímo fenologickou fází, ale je prvním datem pro zpracování trvání fenologické fáze vzcházení).
- Vzcházení - tato fáze je znázorněna na obrázku č. 1, nad povrch půdy pronikne hypokotyl nesoucí na svém k zemi ohnutém vrcholu dva děložní lístky. V době vzcházení jsou děložní lístky k sobě ještě přitisknuty. Vzcházení nastupuje v době, kdy je již řádkování vzcházejících rostlin zřetelně patrné (na podílu pokusné plochy 10 % a více).
- Počátek dekortikace - tato fáze je znázorněna na obrázku č. 2, vznik prvních viditelných trhlinek na povrchu horní, ze země vyčnívající části bulvy. Bývá to v době, kdy rostlina vytvořila třetí až čtvrtý pravý list. Fenofáze nastupuje, jakmile je uvedený stav zjištěn zhruba na polovině z celkového počtu rostlin.
- Sklizňová zralost - tato fáze je znázorněna na obrázku č. 3, z celkového počtu listů v listové růžici je polovina, až dvě třetiny listů odumřelých. Fenofáze nastupuje, jakmile uvedenému popisu odpovídá zhruba polovina z celkového počtu rostlin.

Vliv stanoviště na růst a vývoj cukrové řepy je určen stálými vlastnostmi půdy a klimatu a jejich interakcí. Variabilita jednotlivých roků se odráží v povětrnostních podmínkách vegetačního období, které přímo ovlivňují růst rostlin, ale také určují na datum setí a sklizně, a tak i zkracují nebo prodlužují trvání vegetačního období. Nově sestavené mapy zobrazují průměrný časový nástup fenologických fází cukrové řepy, kdy primární data byla získána na fenologických stanicích ČHMÚ podle jednotné metodiky a pěstování cukrovky bez zásahů směřujících ke zvýšení produkce. I přes tuto skutečnost je jejich využití vhodnou pomůckou pro odhad průběhu vegetačního období. Studium dlouhých časových řad charakterizujících nástup fenologických fází lze využít v praxi, např. pro optimalizaci agrotechnických postupů, postřiků, organizaci sklizně atd. Kromě toho jsou tyto mapy historicky prvním pokusem charakterizovat vztah počasí, podnebí, půdy, geografických podmínek a jednotné metodiky pěstování cukrové řepy prostřednictvím nástupu fenologické fáze na území Česka (Vávra et al. 2014).

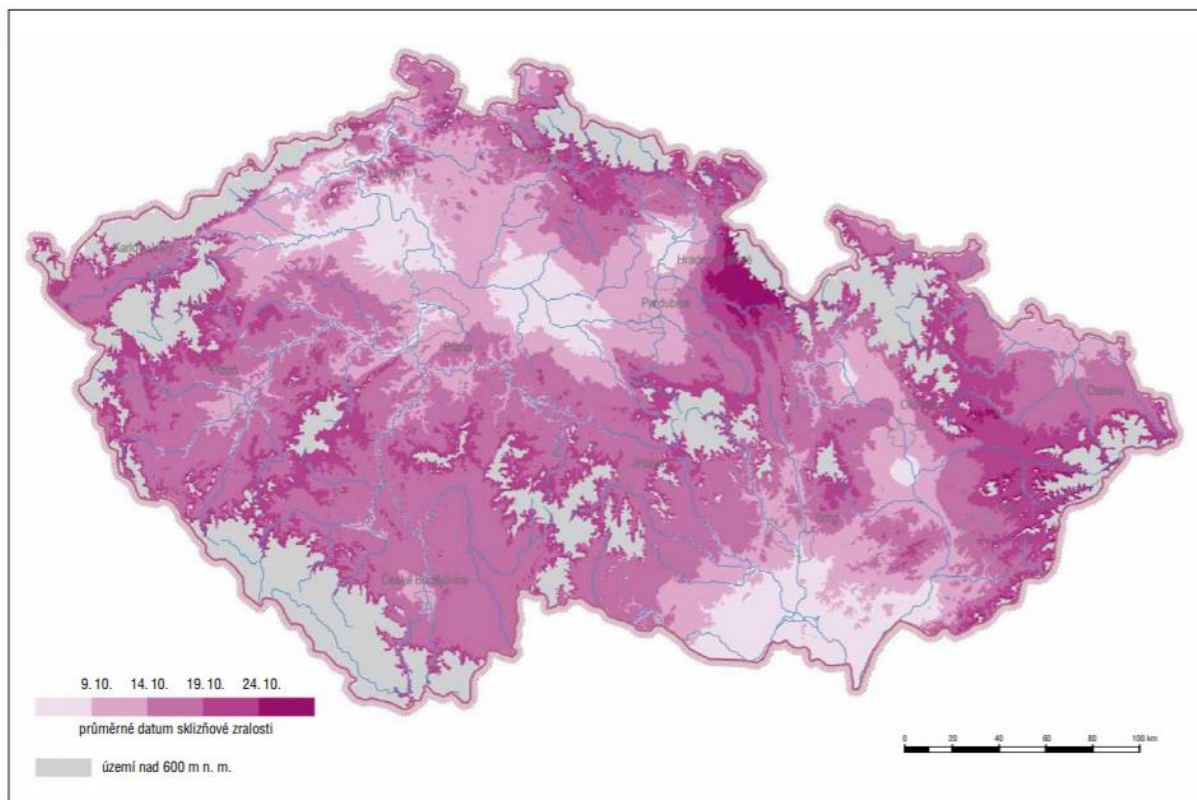
Obrázek č. 1 Průměrné datum vzcházení cukrovky na území České republiky do nadmořské výšky 600 metrů za období 1991–2010



Obrázek č. 2 Průměrné datum počátku dekortikace cukrovky na území České republiky do nadmořské výšky 600 m za období 1991–2010



Obrázek č. 3 Průměrné datum sklizňové zralosti cukrovky na území České republiky do nadmořské výšky 600 metrů za období 1991–2010



3.11 Biologicky aktivní látky

Biologicky aktivní látky se svým složením podílejí na regulaci růstových a vývojových procesů v rostlině, ovlivňují dynamiku tvorby úrody a podporují zvýšení využití genetického potenciálu odrůd. Nakolik ovlivňují nejen fyziologické pochody v rostlině, ale působí i na oživení půdního prostředí, které následně ovlivňuje produkční proces rostliny a tím i celého porostu, jejich aplikace je možná nejen foliární na list, ale i na půdu (Oršulová et al. 2003).

V souvislosti s problematikou mimokořenové aplikace hnojiv a v návaznosti na půdní a klimatické podmínky prostředí se v systému pěstování polních plodin doporučuje využívat i některé jiné alternativy navýšení potenciální produkce, takovou alternativou může být aplikace přípravků vyrobených na bázi biologicky aktivních látek (Černý et al. 2011).

Biostimulátory růstu se definují jako biologicky aktivní látky obsahující hormony, enzymy, proteiny, aminokyseliny, mikroelementy. Jejich optimálním využitím dochází k pozitivní aktivaci metabolismu rostlin. Dominantní úloha spočívá v regulaci životních procesů na úrovni buňky, jednotlivých orgánů a organismu jako celku. Dále ovlivňují růst a vývin rostliny a účastní se přímo či nepřímo na základních procesech probíhajících v rostlině, jakými jsou fotosyntéza, příjem a transport vody a také příjem živin (Černý et al. 2011).

Biologicky aktivní látky mohou obsahovat malé množství živin, ale především látky ovlivňující růst a vývoj nadzemních a podzemních částí rostlin. Na trhu se dnes objevuje široké spektrum biologicky aktivních látek, které obsahují látky nebo mikroorganismy, jejichž úkolem

je při aplikaci na rostlinu stimulovat přirozené procesy rostliny s cílem zvýšit příjem a účinnost živin, toleranci vůči abiotickému stresu a příznivě ovlivnit kvalitu produkce.

Biologicky aktivní látky mohou být jak přírodního, tak syntetického charakteru. Tyto látky, ať již produkované samotnými rostlinami (endogenní) nebo syntetické, aplikované exogenně, kontrolují dělení buněk, ovlivňují základní životní procesy (dýchání, fotosyntézu, kořenovou výživu, růst, tropizmy, kvetení, tvorbu plodů) a regulují fyziologickou a morfologickou korelaci orgánů a tkání rostlin. Jejich největší úloha v rostlinné výrobě spočívá v regulaci růstu a vývoje rostlin, a tím v podpoře co nejvyšší produkční schopnosti, resp. k dosažení co nejvyššího výnosu (Štranc 2010; Urban & Pulkrábek 2018).

Cílem těchto přípravků je podpora metabolických funkcí, podpora adaptace na abiotické a biotické stresy, zvýšení regeneračních schopností po následném působení stresových faktorů a podpora příjmu živin z půdy. Například listové preparáty obsahující biostimulátory ve formě aminokyselin nebo výtažků z mořských řas jsou schopny eliminovat vliv sucha, tepla a dalších možných povětrnostních faktorů vedoucích k redukci výnosu.

Biologicky aktivní látky u cukrové řepy mají za cíl zvýšit biologickou hodnotu osiva, regulaci růstu a podporu vývoje během vegetace, a vést tak ke zvýšení výnosu bulev za současného zvýšení cukernatosti (Urban & Pulkrábek 2018).

Doporučuje se také aplikace společně s herbicidním ošetřením, která má omezit nebo zabránit vzniku herbicidního stresu. Další možností je letní aplikace společně s aplikací fungicidu. Biologicky aktivní látky můžeme rozdělit na látky: nefytohormonální povahy (např. sodné soli nitrofenolů, deriváty kyseliny benzoové, huminové látky, hydrolyzáty bílkovin – aminokyseliny, extrakty z mořských řas aj.) a fytohormonální povahy (k základním rostlinným hormonům se řadí auxiny, gibbereliny, cytokininy, kyselina abscisová, etylen, brassinosteroidy a jasmonáty) (Macháčková & Krekule 2002; Koprna et al. 2012).

4 Materiál a metody

Pokusy byly založeny na Výzkumné stanici FAPPZ ČZU Praha v Červeném Újezdě. Pěstitelská technologie odpovídala zásadám pěstování cukrové řepy v zemědělské praxi (podzimní příprava půdy, hnojení PK, předset'ová příprava, organizace porostu atd.). Optimální hustota porostu byla upravena jednocením a okopávkou na 100 000 ks.ha⁻¹. Velikost jedné parcely (varianty) byla 12 m². Každá varianta měla tři opakování.

4.1 Charakteristika pokusného stanoviště

Pokusné plochy stanice leží v katastru obce Červený Újezd směrem na západ od Prahy a rozkládají se na 50°04' severní šířky a 14°10' východní délky. Průměrná nadmořská výška je 405 m nad mořem. Nejvyšší bod 420 m je vrchol mírného svahu na jižním okraji intravilánu obce, nejnižším bodem je 390 m vysoká terénní deprese na jihovýchodním okraji území. Na ostatní části území převažuje rovinný terén, který podmiňuje dobrý zásak srážkových vod.

Zájmové území je součástí Bělohorské plošiny. Pozemek je zařazen do řepařské výrobní oblasti. Pokusné pozemky výzkumné stanice jsou situovány na východní straně katastru obce.

Na sprašovém substrátu se tvoří převážně hnědozem, méně hnědozemě illimerizované, černozemě illimerizované a hnědozemě slabě oglejené. Hloubka ornice je 28 – 40 cm. Ornice je šedohnědá, drobtovitá, hlinitá, s ojedinělými úlomky opuky, se středním až silným prokořeněním a biologickou činností. Půda má mírný obsah humusu, půdní reakce je neutrální, koloidní komplex je plně nasycen. Zájmové území není odvodňováno vodními toky. Substráty mají dobrou vododržnost a dobrou vnitřní drenáž.

Červený Újezd spadá do klimatického regionu mírně teplého, suchého. Průměrná roční teplota vzduchu činí 7,7 °C a průměrný roční úhrn srážek je 549 mm (standardní klimatologický normál 1961 - 1990). Za teplý půlrok (1.4. – 30.9.) je na tomto stanovišti průměrná teplota 13,9 °C a průměrný úhrn srážek 361 mm. Průměrná teplota vzduchu za chladný půlrok (1.10. – 31.3.) je 1,5 °C a průměrný úhrn srážek 188 mm. První mrazivý den se dostavuje v průměru 11. října. Na jaře se vyskytují mrazíky ojediněle koncem dubna.

4.2 Metodika řešení

V realizovaném pokusu byl sledován vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy.

Do pokusu jsme zařadili přípravky TS Impuls, TS Licit, TS Sentinel, TS Vin SK a TS Silva.

Sklizeň byla provedena ručně. Při sklizni byla na každé parcelce zjištěna hmotnost bulev, chrástu, počet rostlin. Dále byly při sklizni odebrány z jednotlivých parcellek vzorky pro technologický rozbor (stanovení cukernatosti, obsahu α -aminodusíku, draslíku a sodíku). Stanovení těchto kvalitativních ukazatelů bylo realizováno ve spolupráci s laboratoří společnosti SynTech Research v Semčicích. Na základě výsledků těchto ukazatelů byl vypočítán výnos polarizačního cukru, teoretická výtěžnost, výnos bílého cukru a výnos bulev přepočtený na 16 % cukernatost.

Přehled sledovaných parametrů

- a) výnos bulev ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
- b) výnos chrástu ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
- c) cukernatost (%)
- d) obsah α -aminodusíku ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)
- e) obsah draslíku ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)
- f) obsah sodíku ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)
- g) výnos polarizačního cukru ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) = $\text{výnos bulev} \times \text{cukernatost} / 100$
- h) teoretická výtěžnost (%) = $\text{cukernatost} - (0,343 \times K + 0,343 \times Na + 0,094 \times \alpha\text{-aminoN} + 0,29)$; dle Reinefelda a IIRB
- i) výnos bílého cukru ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) = $\text{výnos bulev} \times \text{teoretická výtěžnost} / 100$
- j) výnos bulev přepočtený na 16 % cukernatost =
[výnos bulev \times (cukernatost – 2,7) / 13,3]

4.2.1 Varianty pokusu

Tabulka č. 1 Varianty pokusu 2017-2018

Varianta		Termín
1.	Kontrola	-----
2.	TS Impuls ($0,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$)	ve fázi 6 párů pravých listů
3.	TS Licit ($0,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$)	před uzavřením porostu
4.	TS Sentinel ($0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$)	před uzavřením porostu
5.	TS Vin SK ($0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$)	před uzavřením porostu
6.	TS Silva ($0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$)	před uzavřením porostu

4.2.2 Přehled pracovních operací

Tabulka č. 2 Pěstitelská technologie 2017

Pracovní operace	Termín aplikace
Setí pokusu	11.4.2017
Hnojení (LAV 27 % N – $92 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$)	11.4.2017
T1 – herbicidní aplikace	9.5.2017
T2 – herbicidní aplikace	25.5.2017
Úprava hustoty porostu jednocením	29.5.2017
Přihnojení pokusu (LAV 27 % N – $28 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$)	15.6.2017
Aplikace TS Impuls ($0,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) – varianta 2	8.6.2017
Aplikace TS Licit ($0,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) – varianta 3	3.7.2017
Aplikace TS Sentinel ($0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) – varianta 4	3.7.2017
Aplikace TS Vin SK ($0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) – varianta 5	3.7.2017
Aplikace TS Silva ($0,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$) – varianta 6	27.6.2017
Ruční sklizeň pokusu a odvoz vzorků na technologický rozbor	11.10.2017

Tabulka č. 3 Pěstitelská technologie 2018

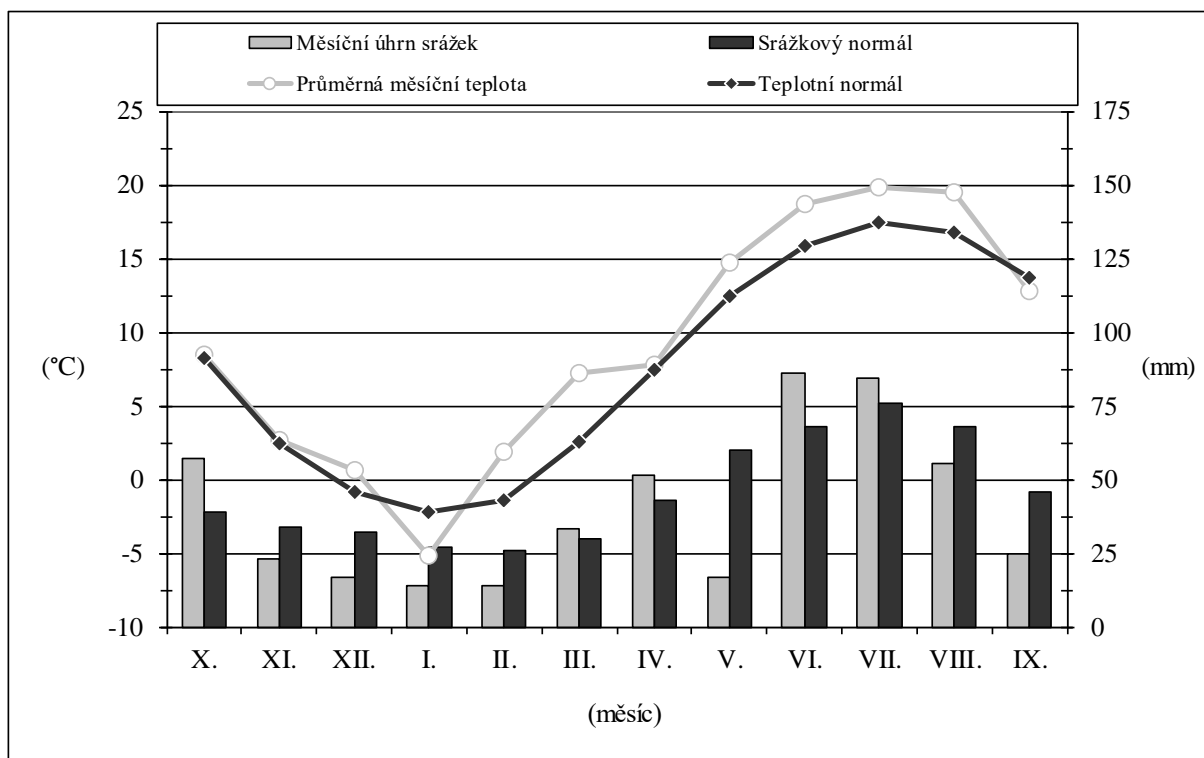
Pracovní operace	Termín aplikace
Setí pokusu	12.4.2018
Hnojení (LAV 27 % N – 92 kg N.ha ⁻¹)	12.4.2018
T1 – herbicidní aplikace	2.5.2018
Úprava hustoty porostu jednocením	10.5.2018
T2 – herbicidní aplikace	14.5.2018
T3 – herbicidní aplikace	25.5.2018
Aplikace TS Impuls (0,5 l.ha ⁻¹) – varianta 2	29.5.2018
Přihnojení pokusu (LAV 27 % N – 28 kg N.ha ⁻¹)	14.6.2018
Aplikace TS Licit (0,5 l.ha ⁻¹) – varianta 3	14.6.2018
Aplikace TS Sentinel (0,25 l.ha ⁻¹) – varianta 4	14.6.2018
Aplikace TS Vin SK (0,25 l.ha ⁻¹) – varianta 5	14.6.2018
Aplikace TS Silva (0,25 l.ha ⁻¹) – varianta 6	14.6.2018
Ruční sklizeň pokusu a odvoz vzorků na technologický rozbor	27.9.2018

4.3 Charakteristika počasí na pokusném stanovišti

Tabulka č. 4 Agrometeorologický rok 2016 - 2017

Agrometeorologický rok 2016/2017	Hodnocení			
	Δt	teplotní	%	srážkové
Říjen	0,3	Normální	146	Nadnormální
Listopad	0,2	Normální	68	Normální
Prosinec	1,5	Normální	52	Podnormální
Leden	-2,9	Podnormální	51	Podnormální
Únor	3,3	Silně nadnormální	53	Podnormální
Březen	4,6	Mimořádně nadnormální	111	Normální
Chladný půlrok	1,1	Nadnormální	84	Normální
Duben	0,4	Normální	119	Normální
Květen	2,3	Nadnormální	28	Silně podnormální
Červen	2,8	Mimořádně nadnormální	126	Nadnormální
Červenec	2,4	Silně nadnormální	111	Normální
Srpen	2,7	Mimořádně nadnormální	82	Normální
Září	-0,9	Normální	54	Normální
Teplý půlrok	1,6	Mimořádně nadnormální	88	Normální
AMT rok	1,4	Silně nadnormální	87	Podnormální

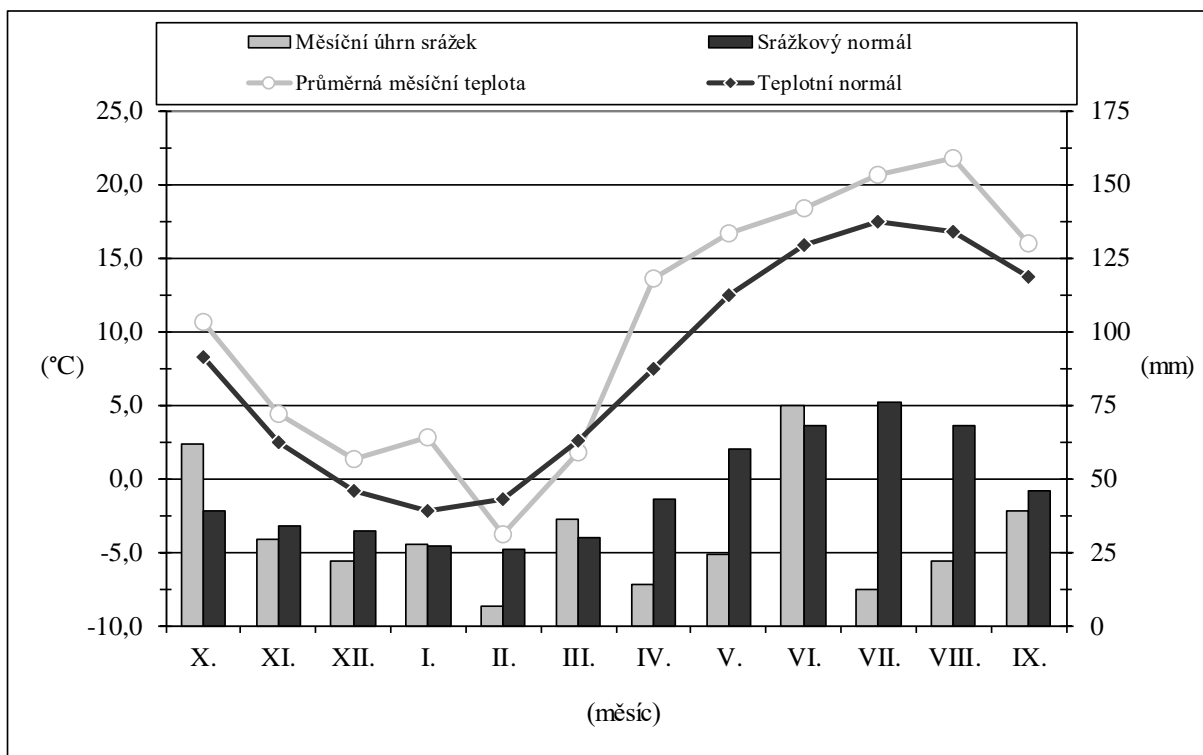
Graf č. 1 Agrometeorologický rok 2016 - 2017



Tabulka č. 5 Agrometeorologický rok 2017 - 2018

Agrometeorologický rok 2017/2018	Hodnocení			
	Δt	teplotní	%	srážkové
Říjen	2,4	Silně nadnormální	158	Nadnormální
Listopad	1,9	Silně nadnormální	86	Normální
Prosinec	2,1	Nadnormální	69	Normální
Leden	5,0	Silně nadnormální	102	Normální
Únor	-2,4	Podnormální	24	Silně podnormální
Březen	-0,8	Normální	119	Normální
Chladný půlrok	1,4	Nadnormální	97	Normální
Duben	6,2	Mimořádně nadnormální	33	Silně podnormální
Květen	4,3	Mimořádně nadnormální	41	Silně podnormální
Červen	2,4	Silně nadnormální	110	Normální
Červenec	3,2	Mimořádně nadnormální	16	Mimořádně podnormální
Srpen	5,0	Mimořádně nadnormální	32	Silně podnormální
Září	2,3	Silně nadnormální	84	Normální
Teplý půlrok	3,9	Mimořádně nadnormální	51	Silně podnormální
AMT rok	2,6	Mimořádně nadnormální	67	Silně podnormální

Graf č. 2 Agrometeorologický rok 2017 - 2018



4.4 Charakteristika odrůdy Gellert

Gellert je diploidní odrůda, tolerantní k rizománii, NC typu.

Odrůda Gellert je hybridní jednoklíčková diploidní odrůda s velmi vysokou cukernatostí. Je tolerantní k rizománii a cercosporioze. Proti napadení komplexem listových skvrnitostí je středně odolná. Má polovzpřímené postavení listové růžice, kuželovitý kořen, rýhu hlubokou, rovnou a hladký povrch.

V systému pěstování bez fungicidního ošetření je výnos kořene středně vysoký, cukernatost vysoká, výnos polarizačního cukru středně vysoký, až vysoký, výtěžnost rafinády vysoká, výnos rafinády vysoký. Obsah popelovin velmi nízký, až nízký, obsah škodlivého dusíku velmi nízký, až nízký.

V systému pěstování s fungicidním ošetřením je výnos kořene středně vysoký, cukernatost vysoká, výnos polarizačního cukru vysoký, výtěžnost rafinády vysoká, výnos rafinády vysoký až velmi vysoký. Obsah popelovin velmi nízký, až nízký, obsah škodlivého dusíku velmi nízký.

4.5 Charakteristika použitých biologicky aktivních látek

4.5.1 TS Impuls

Přípravek TS Impuls podporuje vývoj hlavního kořene a tvorbu jemného kořenového vlášení a tím zvyšuje příjem vláhy a živin. Přípravek TS IMPULS je určen pro regeneraci porostů po chemickém, biologickém nebo mechanickém poškození, regeneruje pletiva rostlin, zvyšuje výkon fotosyntézy a podporuje adaptaci na stresové podněty.

Přípravek TS Impuls je vhodný zejména pro plodiny jako je ječmen jarní, pšenice ozimá, řepka, cukrovka, kukuřice, slunečnice, mák.

Přípravek obsahuje adaptogeny, směs syntetických auxinů podporující tvorbu kořenové soustavy, nasazování květů a tvorbu postranních větví, výtažek z mořských řas a látky se smáčivým účinkem.

Doporučené dávkování pro mladé rostliny: 0,3 – 0,6 l.ha⁻¹ v závislosti na hustotě porostu, obvykle 0,5 l.ha⁻¹. Pro regeneraci po zimě: obilniny 0,3 – 0,5 l.ha⁻¹, ostatní plodiny 0,35 – 0,6 l.ha⁻¹. Pro regenerace po poškození: ve všech fázích 0,5 – 0,75 l.ha⁻¹.

Přípravek po aplikaci podporuje růst, zejména mladých rostlin, podporuje růst hlavního kořene a větvení kořenové soustavy, podporuje tvorbu jemného kořenového vlášení, indukuje nasazování květů, pupenů a postranních větví, zvyšuje odolnost proti biotickým stresům, zvyšuje odolnost vůči abiotickým stresům – chladu, suchu, zasolení, zamokření, regeneruje porosty po mechanickém nebo chemickém poškození, podporuje tvorbu chlorofylu, zvyšuje práh tolerance k chorobám, potlačuje apikální dominanci růstového vrcholu u řepky a tím podporuje větvení, aplikací do obilnin na konci odnožování odstraňuje neproduktivní odnože, tím vyrovnává porost.

Tabulka č. 6 Chemické a fyzikální vlastnosti TS Impuls

Sušina	min. 20 %
Spalitelné látky v sušině	min. 50 %
Huminové látky a jejich soli	min. 12,5 %
Mo	0,75 %
Cu	0,25 %
B	0,2 %
Hodnota pH	8 – 10

4.5.2 TS Licit

Přípravek TS Licit je určen především pro podporu růstu širokolistých plodin a podporu růstu rostlin v období hlavního růstu. Kombinace huminových látek a aminokyselin s přítomností mořských řas a látek s cytokininovým účinkem umožňuje nárůst zelené hmoty rostlin. Přítomnost adaptogenních látek omezuje případné negativní vlivy vnějšího prostředí.

Přípravek TS Licit je vhodný zejména pro plodiny jako je cukrovka, kukuřice, slunečnice.

Dávkování přípravku TS Licit je pro období hlavního růstu v dávce 0,4 – 0,6 l.ha⁻¹ v závislosti na stavu a porostu, obvykle 0,5 l.ha⁻¹.

Přípravek po aplikaci zvyšuje obsah chlorofylu a výkon fotosyntézy, urychluje metabolismus rostlin, podporuje zvětšení buněk a zpevnění buněčných stěn, zpomaluje stárnutí listů a odumírání starších listů, zvětšuje listovou plochu, zvyšuje odolnost vůči abiotickému stresu, zejména suchu.

Tabulka č. 7 Chemické a fyzikální vlastnosti TS Licit

Sušina	min. 24 %
Spalitelné látky v sušině	min. 50 %
Huminové látky a jejich soli	min. 10 %
Aminokyseliny	min. 5 %
Hodnota pH	7,5 – 9,5

4.5.3 TS Sentinel

Přípravek TS Sentinel má silnou protistresovou ochranu. Vysoký obsah aminokyselin dodává rostlinám základní stavební látky. Přítomnost většího množství protistresových látek a výtažku z mořských řas omezuje případné negativní vlivy vnějšího prostředí, zvláště při přísušku, nebo výrazných výkyvech teplot.

Přípravek TS Sentinel je vhodný zejména pro plodiny jako je pšenice, cukrovka, řepka, mák.

Přípravek TS Sentinel obsahuje výtažek z mořských řas, B, Mo, pro zlepšení příjmu souběžně dodávaného N. Fe v chelátové formě, Zn, Mn a Cu ve formě síranů. Přípravek obsahuje adaptogenní látky. Přípravek obsahuje N a S vázané v aminokyselinách.

Dávkování přípravku je v období hlavního růstu 0,2 – 0,3 l.ha⁻¹ v závislosti na stavu a hustotě porostu, obvykle 0,25 l.ha⁻¹.

Přípravek po aplikaci zvyšuje odolnost vůči stresům (sucho, chlad), zvyšuje odolnost vůči nepříznivým vlivům prostředí (zasolení, zamokření), podporuje růst a příjem živin a vláhy, zlepšuje výkon fotosyntézy, zvyšuje práh tolerance k chorobám, optimalizuje využívání energie, zvyšuje aktivitu nitrátoreduktázy – zvyšuje příjem N, zlepšuje průnik živin a účinných látek membránami.

Tabulka č. 8 Chemické a fyzikální vlastnosti TS Sentinel

Sušina	min. 30 %
Spalitelné látky v sušině	min. 50 %
Aminokyseliny	min. 25 %
Hodnota pH	7 - 9

4.5.4 TS Vin SK

Přípravek TS VIN SK má silné protistresové účinky s nízkou koncentrací auxinů a dalších látek. Pomáhá rostlinám překonat nepřízeň počasí – chlad, sucho, teplo a zamokření. Vyznačuje se nízkou hektarovou dávkou a nižší cenou na hektar.

Přípravek obsahuje huminové látky z leonarditu, aminokyseliny živočišného původu a stimulační látky s auxinovým účinkem. Dusík v přípravku je vázán v organické formě. Přípravek je doplněn o výtažek z mořských řas a plnou řadu mikroprvků.

Přípravek lze aplikovat ve všech vývojových fázích rostlin, nejčastěji v období hlavního růstu postříkem na list.

Dávkování přípravku je v období hlavního růstu u polních plodin obvykle 0,1 l.ha⁻¹, u speciálních plodin (chmel, réva vinná) 0,2 l.ha⁻¹. Lze aplikovat 2 x během vegetace v 50 až 300 l vody. Přípravek po aplikaci zvyšuje odolnost vůči stresům (sucho, chlad, zasolení, zamokření, teplo), podporuje růst a příjem živin a vláhy, zlepšuje výkon fotosyntézy, zvyšuje práh tolerance k chorobám, optimalizuje využívání energie, zvyšuje aktivitu trátoreduktázy – zvyšuje příjem N, zlepšuje průnik živin a účinných látek membránami.

Tabulka č. 9 Chemické a fyzikální vlastnosti TS Vin SK

Sušina	min. 35 %
Spalitelné látky v sušině	min. 50 %
Suma aminokyselin v sušině (%)	min. 25 %
Huminové látky a jejich soli v sušině (%)	min. 15 %
Dusík jako N v sušině (%)	min. 10 %
Kyselina naftyl octová v sušině	min.0,7 mg/kg
Hodnota pH	7,5 - 9,5

4.5.5 TS Silva

Přípravek TS Silva podporuje růst a vývoj rostlin v období celé vegetace. Tam, kde je z hlediska možnosti napadení rostlin výhodné ozdravné působení stříbra. Přítomnost cukernatých a huminových složek dodává rostlinám energii, potřebnou pro růst, obsah aminokyselin dodává rostlinám základní stavební látky. Přítomnost protistresových látek a výtažku z mořských řas omezuje případné negativní vlivy vnějšího prostředí.

Přípravek TS Silva je vhodný pro plodiny jako je cukrovka, mák, řepka.

Přípravek TS SILVA obsahuje přírodní cukry a k nim vázané mikroprvky, výtažek z mořských řas, stříbro pro podpurný ozdravný účinek. Přípravek obsahuje adaptogenní látky. Přípravek obsahuje N a S vázané v aminokyselinách, P, K a mikroprvky, jako součást cukerné složky výrobku.

Dávkování přípravku je v období hlavního růstu 0,2 - 0,3 l.ha⁻¹ v závislosti na stavu a hustotě porostu. Obvykle 0,25 l.ha⁻¹.

Přípravek po aplikaci zvyšuje práh tolerance k chorobám, zvyšuje odolnost vůči stresům, dodává rostlinám potřebnou energii, podporuje růst a vývoj rostlin, při společné aplikaci s fungicidem zesiluje účinek fungicidu.

Tabulka č. 10 Chemické a fyzikální vlastnosti TS Silva

Sušina	min. 45 %
Spalitelné látky v sušině	min. 50 %
Huminové látky a jejich soli	min. 3 %
Aminokyseliny	min. 3 %
Hodnota pH	7 – 9

4.6 Zpracování výsledků

Výsledky byly hodnoceny pomocí statistického programu Statgraphics Plus for Windows 5.1 (firmy Manugistics - Maryland, USA). Použity byly metody analýzy rozptylu.

Analýza rozptylu

K vyhodnocení výsledků byla použita vícefaktorová analýza, či jednofaktorová rozptylu (Multifactor Analysis of Variance, One-Way Analysis of Variance). Pro podrobnější vyhodnocení výsledků analýzy rozptylu, byla použita Tuckeyho metoda mnohonásobného porovnávání. Pomocí těchto metod mnohonásobného porovnávání, které umožňují testovat všechny dvojice souborů, jsme zjistili, které z testovaných souborů se od sebe statisticky významně liší. Ve všech hodnoceních byl použit 95 % koeficient spolehlivosti ($\alpha = 0,05$). Pro větší přehlednost průkaznosti rozdílů jsou průměrné hodnoty v tabulkách označené písmeny (a, b,). Průměrné hodnoty označené odlišnými písmeny jsou statisticky průkazně odlišné a naopak stejná písmena označují varianty, které nejsou průkazně odlišné na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a vyšší. V tabulkách je dále uvedena hodnota F-testu a hodnota $d_{\min.}$, která vyjadřuje minimální průkaznou diferenci mezi hodnocenými variantami.

5 Výsledky

Výsledky pěti použitých přípravků a jejich hodnocení na základě definovaných ukazatelů vycházejí ze dvou pokusných let 2017 a 2018. Hodnoceny byly výnosové a kvalitativní ukazatele ve třech opakováních. Výsledky, které byly zpracovány hodnotí jednotlivé ukazatele během dvou let, a dochází k hodnocení dat vztahujících se ke každému roku zvlášť. K realitivnímu zhodnocení bylo využito metody procentuálního zhodnocení, toto porovnává dosažené výsledky z jednotlivých let společně s kontrolní variantou. Závěrem byla zhodnocena ekonomická efektivita jednotlivých přípravků.

5.1 Hodnocení výnosových ukazatelů cukrové řepy

5.1.1 Výnos bulev cukrové řepy

Výnos bulev cukrové řepy je prezentován v tabulce č. 11 a graficky znázorněn v grafu č. 3.

Průměrné výsledky výnosu bulev cukrové řepy za sledované období 2017 – 2018 se u jednotlivých variant pohybovaly v rozmezí 67,02 – 70,52 t.ha⁻¹. Nejnižší průměrná hodnota 66,04 t.ha⁻¹ byla zaznamenána u kontrolní varianty, oproti tomu porost, který byl ošetřen přípravkem TS Silva dosáhl nejvyššího výnosu v rámci sledovaného dvouletého období, a to 70,52 t.ha⁻¹, tj. nárůst o 6,78 % vůči kontrolní variantě.

V jednotlivých ročnících byl celkově nejvyšší výnos bulev za dané období 2017 - 2018 dosažen v roce 2017. Nejvyššího výnosu bylo zaznamenáno u použití přípravku TS Silva a to 80,02 t.ha⁻¹. Celkově nejnižší výnosy byly naměřeny v roce 2018, což bylo zapříčiněno nevhodnými vláhovými podmínkami. Celkově nejnižší hodnoty byly naměřeny u kontrolní varianty a to 56,49 t.ha⁻¹. Z tabulky je patrné, že kontrolní varianta v obou hodnocených letech dosahovala nejnižšího výnosu bulev.

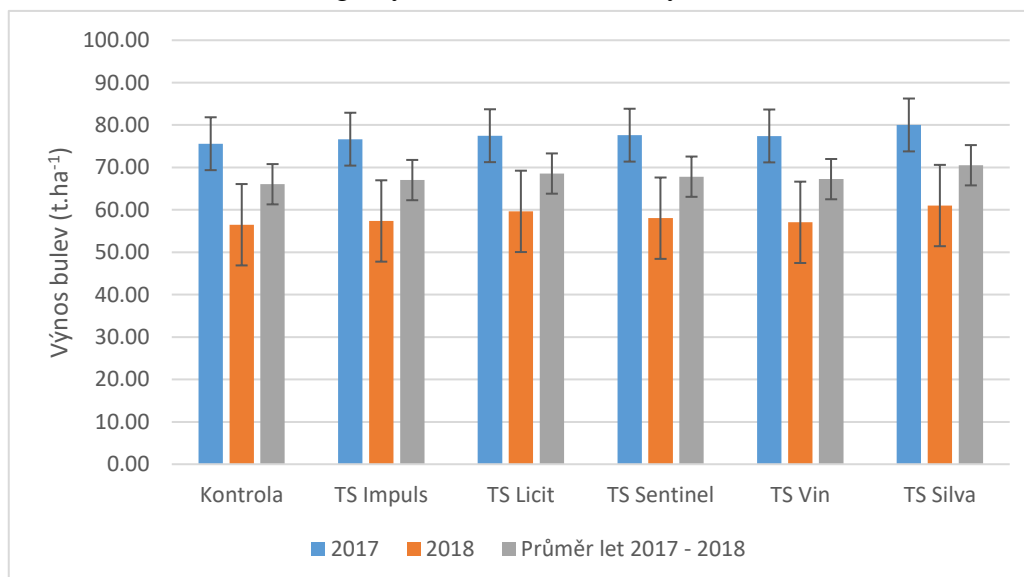
V roce 2017 se výnosy bulev pohybovaly v rozmezí 76,67 t.ha⁻¹ až 80,02 t.ha⁻¹. Nejvyššího výnosu 80,02 t.ha⁻¹ bylo dosaženo při použití přípravku TS Silva, tj. navýšení o 5,85 % ve srovnání s kontrolní variantou. Nejnižší výnos byl naměřen u kontrolní varianty a to 75,60 t.ha⁻¹. V roce 2018 se výnosy bulev pohybovaly v rozmezí 57,38 t.ha⁻¹ až 61,01 t.ha⁻¹. Nejvyššího výnosu 61,01 t.ha⁻¹ bylo dosaženo za použití přípravku TS Silva, což je navýšení o 8,02 % ve srovnání s kontrolní variantou. Nejnižší výnos byl opět naměřen u kontrolní varianty a to 56,49 t.ha⁻¹.

Analýzou rozptylu nebyl zjištěn mezi sledovanými variantami statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka č. 11 Vliv biologicky aktivních látek na výnos bulev ($t \cdot ha^{-1}$)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	Výnos bulev $t \cdot ha^{-1}$	%	Výnos bulev $t \cdot ha^{-1}$	%	Výnos bulev $t \cdot ha^{-1}$	%
Kontrola	75,60	100,00	56,49	100,00	66,04	100,00
TS Impuls	76,67	101,41	57,38	101,57	67,02	101,48
TS Licit	77,49	102,50	59,64	105,58	68,56	103,82
TS Sentinel	77,61	102,66	58,03	102,73	67,82	102,69
TS Vin	77,43	102,42	57,06	101,01	67,24	101,82
TS Silva	80,02	105,85	61,01	108,02	70,52	106,78
F-test	0,3		0,18		0,45	
p (α)	0,9065		0,9637		0,8064	
d_{\min}	12,472		19,188		9,4988	

Graf č. 3 Vliv biologicky aktivních látek na výnos bulev ($t \cdot ha^{-1}$)



5.1.2 Výnos chrástu cukrové řepy

Výnos chrástu cukrové řepy je znázorněn v tabulce č. 12 a grafu č. 4.

Průměrný výnos chrástu cukrové řepy v sledovaném období 2017 – 2018 se u jednotlivých variant pohybovaly v rozmezí $27,23 t \cdot ha^{-1}$ – $31,23 t \cdot ha^{-1}$. Nejnižší průměrná hodnota $22,60 t \cdot ha^{-1}$ byla zaznamenána u porostu ošetřeného přípravkem TS Vin oproti tomu porost, který byl ošetřen přípravkem TS Licit dosáhl nejvyššího výnosu v rámci sledovaného dvouletého období, a to $31,23 t \cdot ha^{-1}$, tj. nárůst o 11,78 % vůči kontrolní variantě.

Ve sledovaném období bylo dosaženo celkově nejvyššího výnosu chrástu v roce 2017. Nejvyšší výnos ($44,33 t \cdot ha^{-1}$) byl zaznamenán při použití přípravku TS Licit. Celkově nejnižší výnosy chrástu byly naměřeny v roce 2018.

V roce 2017 se výnosy chrástu pohybovaly v rozmezí 35,50 t.ha⁻¹ až 44,33 t.ha⁻¹. Nejvyššího výnosu 44,33 t.ha⁻¹ bylo dosaženo při použití přípravku TS Licit, tj. navýšení o 14,16 % ve srovnání s kontrolní variantou. Nejnižší výnos byl naměřen při použití přípravku TS Vin, a to 28,50 t.ha⁻¹.

Jak již bylo zmíněno rok 2018 byl z pohledu srážek silně podnormální. Je tedy zřejmé, že právě v roce 2018 bylo dosaženo nejnižšího výnosu chrástu v rámci sledovaného období.

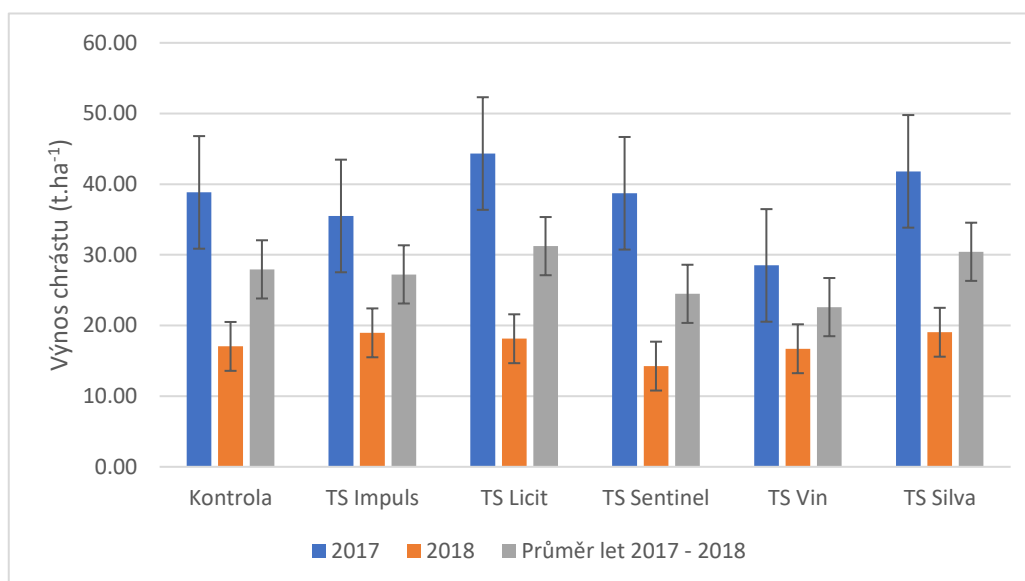
Rok 2018 byl teplotně nadprůměrný a velice suchý. Vláhový deficit se negativně promítl do výnosu chrástu ve všech variantách. Výnosy se v tomto období pohybovaly od 14,25 t.ha⁻¹ do hodnoty 19,04 t.ha⁻¹. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo při použití přípravku TS Silva, a to hodnoty 19,04 t.ha⁻¹. Nejnižšího výnosu chrástu v tomto období bylo naměřeno při použití přípravku TS Sentinel, a to 14,25 t.ha⁻¹. Celkové výnosy chrástu u všech variant byly výrazně nižší než v předchozím roce 2017.

Analýzou rozptylu nebyl zjištěn mezi sledovanými variantami statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka č. 12 Vliv biologicky aktivních látek na výnos chrástu (t.ha⁻¹)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	Výnos chrástu t.ha ⁻¹	%	Výnos chrástu t.ha ⁻¹	%	Výnos chrástu t.ha ⁻¹	%
Kontrola	38,83	100,00	17,04	100,00	27,94	100,00
TS Impuls	35,50	91,42	18,96	111,25	27,23	97,46
TS Licit	44,33	114,16	18,13	106,36	31,23	111,78
TS Sentinel	38,71	99,68	14,25	83,62	24,48	97,78
TS Vin	28,50	73,39	16,71	98,04	22,60	80,91
TS Silva	41,81	107,67	19,04	111,74	30,43	108,91
F-test	2,65		1,52		2,26	
p (α)	0,0777		0,254		0,0452	
d _{αmin}	15,935		6,9153		8,2354	

Graf č. 4 Vliv biologicky aktivních látek na výnos chrástu (t.ha⁻¹)



5.1.3 Výnos polarizačního cukru cukrové řepy

Dosažené výnosy polarizačního cukru jsou prezentovány v tabulce č. 13 a graficky znázorněny v grafu č. 5.

Pro výpočet výnosu polarizačního cukru byl použit obecný vzorec, který je dán hodnotami: $\text{výnos bulev} \times \text{cukernatost} / 100$. Je tedy dáno, že celkový výnos polarizačního cukru bude závislý od výnosu bulev a jejich dosažené cukernatosti.

Ve sledovaném dvouletém období se průměrné výnosy polarizačního cukru pohybovaly v rozmezí 13,71 t.ha⁻¹ až 14,46 t.ha⁻¹, u variant TS Impuls, TS Licit, TS Sentinel, TS Vin bylo dosaženo průměrně téměř shodných výnosů, které se pohybovaly kolem hodnoty 13,8 t.ha⁻¹. Přípravek TS Silva dosáhl v průměru nejvyššího výnosu, a to 14,46 t.ha⁻¹. Současně tato varianta dosáhla navýšení oproti kontrolní variantě o 7,98 %. Nejnižší průměrný výnos polarizačního cukru (13,39 t.ha⁻¹) v dvouletém období byl stanoven u kontrolní varianty. Nejnižšího výnosu polarizačního cukru ze všech hodnocených variant bylo dosaženo u kontrolní varianty.

V hodnoceném období 2017 – 2018 byl celkově nejvyšší výnos polarizačního cukru naměřen v roce 2017 u varianty TS Silva, a to 16,19 t.ha⁻¹, v porovnání s kontrolní variantou se navýšil výnos o 7,90 %. Oproti tomu nejnižší výnosy polarizačního cukru byly celkově neměřeny v roce 2018, a to 11,69 t.ha⁻¹ u kontrolní varianty.

V roce 2017 byly u polarizačního cukru dosaženy výnosy v rozmezí 15,45 t.ha⁻¹ až 16,19 t.ha⁻¹. Nejvyššího výnosu dosáhla varianta TS Silva s výnosem 16,19 t.ha⁻¹, což bylo o 7,9 % navýšení výnosu oproti kontrolní variantě. Nejnižšího výnosu v tomto roce bylo dosaženo kontrolní variantou, a to 15 t.ha⁻¹.

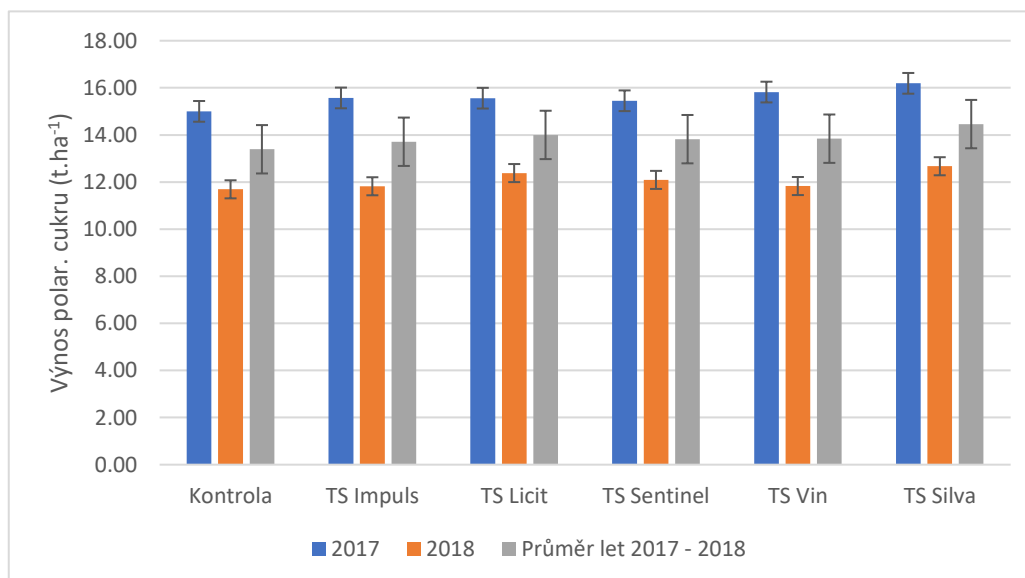
Pro rok 2018 byly naměřeny výnosové hodnoty u polarizačního cukru v rozmezí od 11,82 t.ha⁻¹ do 12,67 t.ha⁻¹. Nejvyššího výnosu dosáhla varianta TS Silva s výnosem 12,67 t.ha⁻¹, což bylo o 7,9 % navýšení výnosu oproti kontrolní variantě. Nejnižšího výnosu v tomto roce bylo dosaženo kontrolní variantou, a to 11,69 t.ha⁻¹.

Analýzou rozptylu nebyl zjištěn mezi sledovanými variantami statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka č. 13 Vliv biologicky aktivních látek na výnos polarizačního cukru (t.ha⁻¹)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	Výnos polar. cukru t.ha ⁻¹	%	Výnos polar. cukru t.ha ⁻¹	%	Výnos polar. cukru t.ha ⁻¹	%
Kontrola	15,00	100,00	11,69	100,00	13,39	100,00
TS Impuls	15,57	103,77	11,82	101,13	13,71	102,41
TS Licit	15,56	103,70	12,38	105,84	14,00	104,54
TS Sentinel	15,45	102,99	12,09	103,44	13,82	103,22
TS Vin	15,82	105,46	11,83	101,15	13,84	103,37
TS Silva	16,19	107,90	12,67	108,40	14,46	107,98
F-test	1,45		0,18		0,47	
p (α)	0,2767		0,9639		0,7967	
d _{αmin.}	0,9555		4,2226		2,0533	

Graf č. 5 Vliv biologicky aktivních látek na výnos polarizačního cukru (t.ha⁻¹)



5.1.4 Výnos bílého cukru cukrové řepy

Všechny sledované varianty jsou zobrazeny v tabulce č. 14 a grafu č. 6. Výnos bílého cukru je jeden ze základních výnosových ukazatelů cukrové řepy. Pro výpočet výnosu bílého cukru byl použit obecný vzorec, který je definován jako: *výnos bulev x teoretická výtěžnost / 100*.

Průměrné výnosy v dvouletém období se pohybovaly od 12,45 t.ha⁻¹ do 13,15 t.ha⁻¹. Nejvyššího průměrného výnosu bílého cukru 13,15 t.ha⁻¹ bylo dosaženo u varianty TS Silva. Tento přípravek dosáhl navýšení o 8,15 % oproti kontrolní variantě. Nejnižší výnos byl naměřen u kontrolní varianty, který činil 12,16 t.ha⁻¹.

Nejvyšší výnos celkově v hodnoceném období 2017 - 2018 byl dosažen v roce 2017, a to u varianty TS Silva 14,85 t.ha⁻¹ v porovnání s kontrolní variantou byl výnos navýšen

o 8,54 %. Naopak nejnižší celkový výnos 10,58 t.ha⁻¹ byl naměřen v roce 2018 u varianty kontrolní.

Rok 2017 byl efektivnější, a to z pohledu výnosu bílého cukru, který se pohyboval v rozmezí 14,23 t.ha⁻¹ až 14,85 t.ha⁻¹. V tomto roce se nejlépe projevila (v rámci hodnotícího kritéria výnosu bílého cukru) aplikace přípravku TS Silva s výnosem 14,85 t.ha⁻¹, v porovnání s kontrolní variantou došlo k navýšení o 8,54 %. Nejnižší hodnota, která byla v roce 2017 naměřena byla u kontrolní varianty, a to 13,68 t.ha⁻¹.

Hodnoty kontrolních variant výnosu bílého cukru byly v hodnoceném období nejnižší.

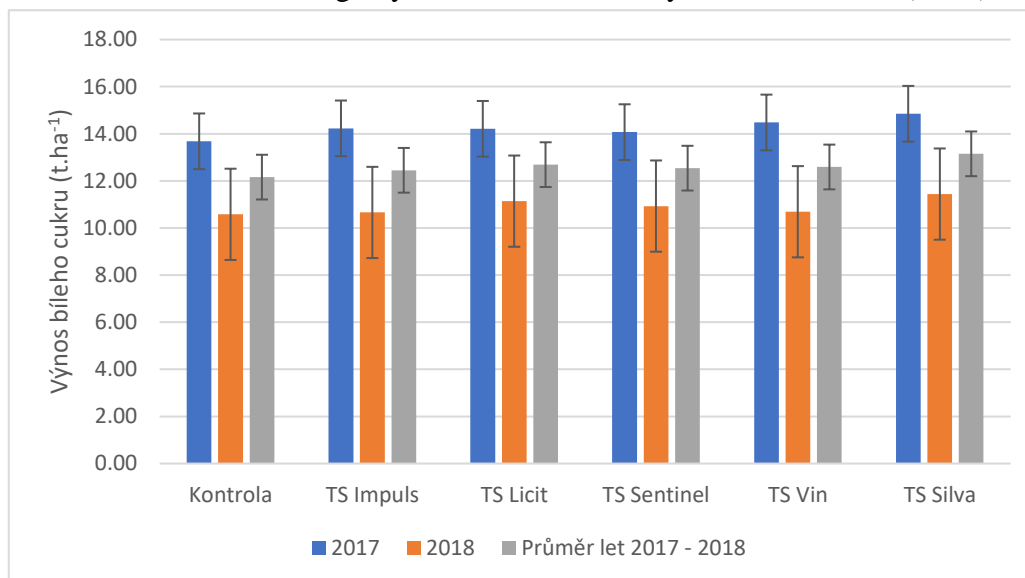
V roce 2018 se pohybovaly hodnoty výnosu bílého cukru mezi 10,66 t.ha⁻¹ až 11,44 t.ha⁻¹. Nejvyšší výnos byl naměřen u přípravku TS Silva, a to hodnota 11,44 t.ha⁻¹. Oproti tomu nejnižšího výnosu bylo dosaženo u kontrolní varianty, u které dosáhl výnos bílého cukru hodnoty 10,58 t.ha⁻¹.

Z tabulky lze jednoznačně konstatovat, že analýzou rozptylu nebyl zjištěn mezi sledovanými variantami statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka č. 14 Vliv biologicky aktivních látek na výnos bílého cukru (t.ha⁻¹)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	Výnos bílého cukru t.ha ⁻¹	%	Výnos bílého cukru t.ha ⁻¹	%	Výnos bílého cukru t.ha ⁻¹	%
Kontrola	13,68	100,00	10,58	100,00	12,16	100,00
TS Impuls	14,23	103,99	10,66	100,74	12,45	102,33
TS Licit	14,21	103,87	11,14	105,22	12,69	104,32
TS Sentinel	14,07	102,82	10,93	103,31	12,54	103,06
TS Vin	14,48	105,85	10,69	100,99	12,59	103,48
TS Silva	14,85	108,54	11,44	108,09	13,15	108,15
F-test	0,52		0,16		0,46	
p (α)	0,7553		0,9716		0,8045	
d _{amin}	2,3645		3,8735		1,899	

Graf č. 6 Vliv biologicky aktivních látek na výnos bílého cukru (t.ha⁻¹)



5.1.5 Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost cukrové řepy

Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost je prezentován v tabulce č. 15 a grafu č. 7. Stanovení tohoto výnosového ukazatele bylo na základě obecného vzorce, který je definován jako: $[\text{výnos bulev} \times (\text{cukernatost} - 2,7) / 13,3]$. Celkový výnos je závislý od konečného výnosu cukrové řepy a její dosažené cukernatosti.

Průměrné výnosy v daném období 2017 – 2018 se pohybovaly v rozmezí 89,49 t.ha⁻¹ až 94,39 t.ha⁻¹. Varianty TS Impuls, TS Sentinel, TS Vin dosáhly průměrně shodných výnosových výsledků v daném období, a to okolo 90 t.ha⁻¹. Průměrně nejnižších hodnot dosahovala kontrolní varianta, a to 87,26 t.ha⁻¹. Nejvyšší průměrná hodnota výnosu bulev přepočtena na 16% cukernatost byla naměřena u varianty TS Silva, a to 94,39 t.ha⁻¹, tj. nárůst o 8,16 % oproti kontrolní variantě.

Celkově nejnižších výnosů bulev přepočtených na 16% cukernatost bylo v daném období naměřeno v roce 2018 u kontrolní varianty, která dosáhla hodnoty 76,45 t.ha⁻¹ a naopak nejvyšších hodnot bylo v daném období 2017 - 2018 naměřeno v roce 2017, a to u přípravku TS Silva 105,47 t.ha⁻¹, došlo tedy k navýšení o 8,46 % oproti kontrolní variantě.

V roce 2017 byly naměřeny nejnižší hodnoty u kontrolní varianty, a to 97,46 t.ha⁻¹. Nejvyšší hodnoty výnosu bulev (105,47 t.ha⁻¹) přepočtené na 16% cukernatost byly naměřeny u varianty TS Silva.

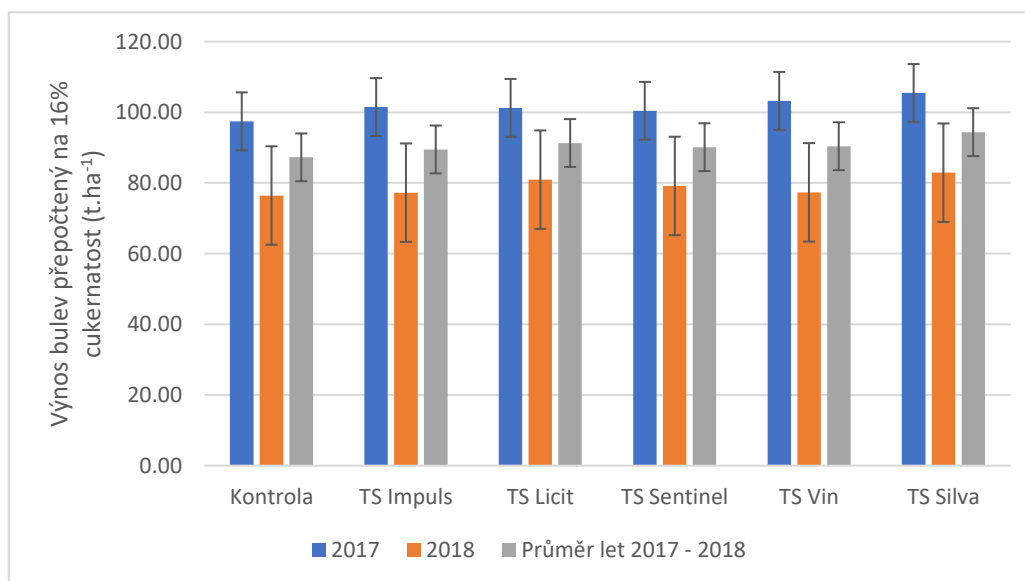
V roce 2018 nepanovaly příznivé podmínky pro pěstování nejen cukrové řepy, ale veškerých polních plodin. Příčinou byly vysoké teploty a nedostatek vláhy. Toto negativně ovlivnilo výnosové ukazatele a celkově i hodnotící parametr výnosu bulev přepočtený na 16% cukernatost. Nejnižší hodnota v tomto roce byla naměřena u kontrolní varianty, a to 76,45 t.ha⁻¹. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u varianty s aplikací přípravku TS Silva, a to 82,91 t.ha⁻¹.

Z tabulky lze jednoznačně konstatovat, že analýzou rozptylu nebyl zjištěn mezi sledovanými variantami statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka č. 15 Vliv biologicky aktivních látek na výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost ($t \cdot ha^{-1}$)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	Výnos bulev přepočtený na 16 % cukernatost $t \cdot ha^{-1}$	%	Výnos bulev přepočtený na 16 % cukernatost $t \cdot ha^{-1}$	%	Výnos bulev přepočtený na 16 % cukernatost $t \cdot ha^{-1}$	%
Kontrola	97,46	100,00	76,45	100,00	87,26	100,00
TS Impuls	101,49	104,14	77,26	101,07	89,49	102,55
TS Licit	101,26	103,89	80,94	105,87	91,32	104,65
TS Sentinel	100,43	103,04	79,16	103,55	90,14	103,30
TS Vin	103,25	105,93	77,35	101,18	90,41	103,61
TS Silva	105,47	108,22	82,91	108,46	94,39	108,16
F-test	0,53		0,18		0,47	
p (α)	0,7472		0,9646		0,7948	
$d_{amin.}$	16,3825		27,878		13,5439	

Graf č. 7 Vliv biologicky aktivních látek na výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost ($t \cdot ha^{-1}$)



5.2 Hodnocení kvalitativních ukazatelů cukrové řepy

Mezi kvalitativní parametry cukrové řepy patří cukernatost, obsah draslíku, sodíku, α -aminodusíku a teoretická výtěžnost.

5.2.1 Cukernatost cukrové řepy

Výsledky týkající se cukernatosti cukrové řepy jsou prezentovány v tabulce č. 16 a grafu č. 8.

Ve sledovaném období se průměrná cukernatost pohybovala v rozmezí 20,27 - 20,58 %. Nejvyšší cukernatosti bylo naměřeno u varianty TS Vin, a to 20,58 % oproti kontrolní variantě došlo k relativnímu navýšení o 1,13 %. Nejnižší průměrná cukernatost byla naměřena u kontrolní varianty, a to 20,27 %.

Celkově nejvyšší cukernatosti (20,84 %) bylo dosaženo (v daném období 2017 – 2018) v roce 2018, a to u přípravku TS Sentinel. Oproti kontrolní variantě došlo k relativnímu navýšení o 0,69 %. Nejnižší celková cukernatost byla naměřena u kontrolní varianty v roce 2017.

V roce 2017 se hodnota cukernatosti cukrové řepy pohybovala v rozmezí od 19,91 % až 20,44 %. Nejvyšší hodnota výnosu cukernatosti v tomto roce byla naměřena u přípravku TS Vin, a to 20,84 %, tj. navýšení oproti kontrolní variantě o 0,69 %. Nejnižší cukernatost (20,61 %) byla naměřena u varianty s přípravkem TS Impuls, což činilo relativní pokles o 0,43 % vůči kontrolní variantě.

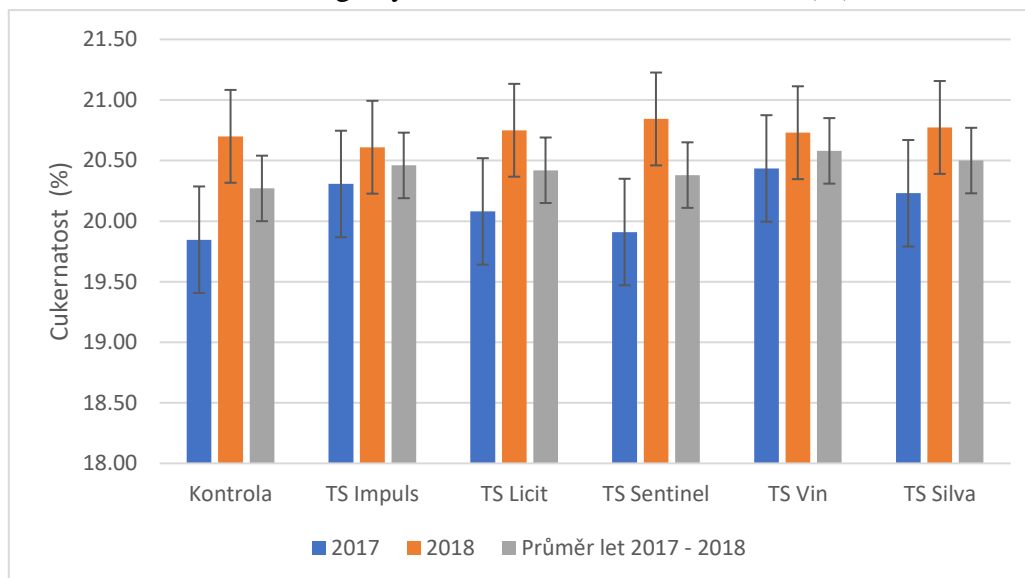
Rok 2018 dosáhl nejvyšší cukernatosti, a to konkrétně u varianty s aplikací TS Sentinel, kde byla naměřena hodnota 20,84 %. Oproti kontrolní variantě bylo dosaženo relativního navýšení o 0,69 %. Nejnižší hodnota 20,61 % byla naměřena u přípravku TS Impuls.

Analýzou rozptylu nebyl zjištěn mezi sledovanými variantami statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka č. 16 Vliv biologicky aktivních látek na cukernatost (%)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	Cukernatost		Cukernatost		Cukernatost	
	%	%	%	%	%	%
Kontrola	19,85	100,00	20,70	100,00	20,27	100,00
TS Impuls	20,31	102,32	20,61	99,57	20,46	100,91
TS Licit	20,08	101,18	20,75	100,24	20,42	100,70
TS Sentinel	19,91	100,32	20,84	100,69	20,38	100,51
TS Vin	20,44	102,96	20,73	100,14	20,58	101,52
TS Silva	20,23	101,93	20,77	100,35	20,50	101,13
F-test	1,56		0,23		0,69	
p (α)	0,2434		0,9398		0,635	
d _{amin}	0,879304		0,766628		0,541033	

Graf č. 8 Vliv biologicky aktivních látek na cukernatost (%)



5.2.2 Obsah α -aminodusíku cukrové řepy

Výsledky měření obsahu α -aminodusíku jsou vyhodnoceny a prezentovány v tabulce č. 17 a znázorněny grafem č. 9.

Průměrné hodnoty obsahu α -aminodusíku ve dvouletém období 2017 - 2018 se pohybovaly v rozmezí od 3,21 mmol.100g⁻¹ do 3,35 mmol.100g⁻¹. Nejvyšší, avšak nežádoucí, obsah α -aminodusíku byl naměřen u varianty s aplikací přípravku TS Licit, který dosáhl hodnoty 3,35 mmol.100g⁻¹, tj. nárůst o 0,6 % oproti průměrné hodnotě kontrolní varianty. Nejnižší obsah nežádoucího α -aminodusíku byl naměřen u varianty TS Silva, a to 3,18 mmol.100g⁻¹. Což je o 4,5 % nižší obsah α -aminodusíku než u průměrné hodnoty kontrolní varianty.

Celkově nejvyšší naměřený obsah α -aminodusíku v rámci sledovaného období 2017 - 2018 byl naměřen v roce 2018, a to u přípravku TS Silva s hodnotou 4,34 mmol.100g⁻¹, tj. nárůst o 0,77 % ve srovnání s kontrolní variantou. Oproti tomu celkově nejnižší hodnota obsahu α -aminodusíku byla naměřena v roce 2017, a to u přípravku TS Silva s naměřenou hodnotou 2,01 mmol.100g⁻¹, tj. oproti kontrolní variantě nižší hodnota o 14,47 %.

V roce 2017 se pohybovaly hodnoty obsahu α -aminodusíku v rozmezí od 2,24 mmol.100g⁻¹ do 2,41 mmol.100g⁻¹. Nejvyšší hodnota obsahu α -aminodusíku byla naměřena u varianty TS Vin, a to hodnota 2,41 mmol.100g⁻¹. V tomto případě se jedná o nárůst obsahu α -aminodusíku o 2,66 % ve srovnání s kontrolní variantou. Nejnižší hodnota obsahu α -aminodusíku byla naměřena u přípravku TS Silva, a to 2,01 mmol.100g⁻¹, to představuje o 14,47 % nižší obsah α -aminodusíku v porovnání s kontrolní variantou.

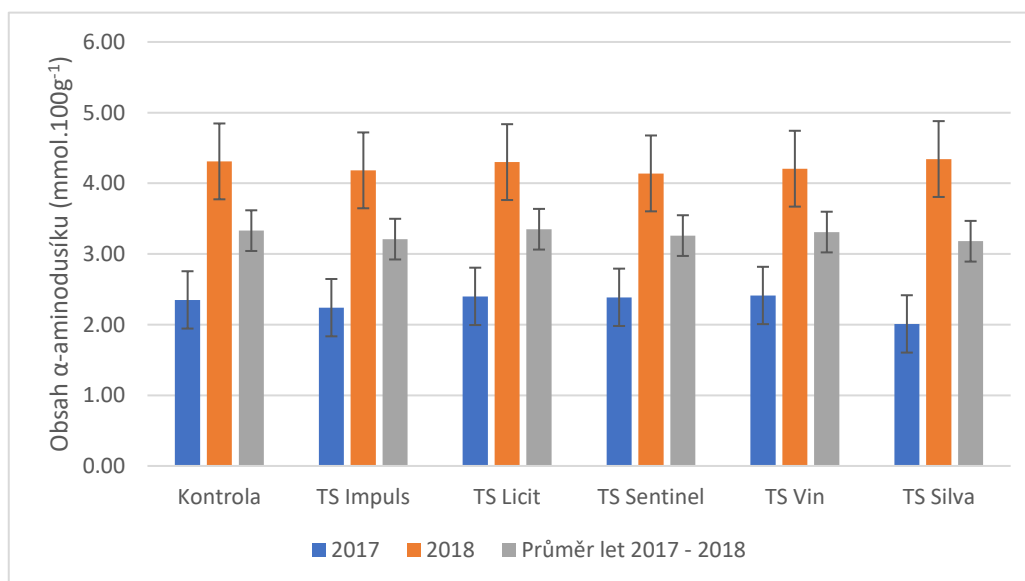
V roce 2018 se jednotlivé hodnoty obsahu α -aminodusíku pohybovaly v hodnotách od 4,21 mmol.100g⁻¹ do 4,34 mmol.100g⁻¹. Nejvyšší naměřená hodnota obsahu α -aminodusíku byla u varianty TS Silva, a to 4,34 mmol.100g⁻¹, jedná se o nárůst obsahu α -aminodusíku o 0,77 % ve srovnání s kontrolní variantou. Nejnižší hodnota obsahu α -aminodusíku byla naměřena u přípravku TS Impuls, a to 4,18 mmol.100g⁻¹, což představuje o 2,94 % nižší obsah α -aminodusíku v porovnání s kontrolní variantou.

Z tabulky jednoznačně vyplývá, že analýzou rozptylu nebyl zjištěn mezi sledovanými variantami statisticky průkazný rozdíl v obsahu alfa-aminodusíku.

Tabulka č. 17 Vliv biologicky aktivních látek na obsah α -aminodusíku ($\text{mmol}\cdot 100\text{g}^{-1}$)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	α -aminodusíku $\text{mmol}\cdot 100\text{g}^{-1}$	%	α -aminodusíku $\text{mmol}\cdot 100\text{g}^{-1}$	%	α -aminodusíku $\text{mmol}\cdot 100\text{g}^{-1}$	%
Kontrola	2,35	100,00	4,31	100,00	3,33	100,00
TS Impuls	2,24	95,32	4,18	97,06	3,21	96,45
TS Licit	2,40	102,13	4,30	99,77	3,35	100,60
TS Sentinel	2,39	101,56	4,14	96,06	3,26	98,00
TS Vin	2,41	102,66	4,21	97,60	3,31	99,39
TS Silva	2,01	85,53	4,34	100,77	3,18	95,40
F-test	0,49		0,13		0,18	
p (α)	0,7801		0,9525		0,9674	
d_{amin}	0,811418		1,07348		0,575873	

Graf č. 9 Vliv biologicky aktivních látek na obsah α -aminodusíku ($\text{mmol}\cdot 100\text{g}^{-1}$)



5.2.3 Obsah draslíku v bulvách cukrové řepy

Výsledky týkající se obsahu draslíku cukrové řepy jsou zhodnocené tabulkou č. 18 a graficky prezentovány v grafu č. 10.

Naměřený průměrný obsah draslíku u cukrové řepy v letech 2017 - 2018 dosahoval hodnot od 3,28 do 3,42 $\text{mmol}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Průměrného nejvyššího obsahu draslíku bylo naměřeno při použití přípravku TS Licit, a to hodnoty 3,42 $\text{mmol}\cdot 100\text{g}^{-1}$, což bylo o 4,85 % více než u kontrolní varianty. Obráceně, nejnižší průměrné hodnoty obsahu draslíku byly zjištěny u kontrolní varianty, a to 3,26 $\text{mmol}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

Celkově nejvyššího obsahu draslíku v rámci sledovaného období 2017 - 2018 bylo dosaženo v roce 2018 u varianty TS Licit, a to hodnotou 3,58 mmol.100g⁻¹. Celkově nejnižší obsah draslíku byl dosažen v roce 2017 u přípravku TS Silva, a to 3,17 mmol.100g⁻¹, tj. o 3,23 % nižší naměřená hodnota v porovnání s kontrolní variantou.

V roce 2017 byly naměřeny hodnoty obsahu draslíku v rozmezí od 3,24 mmol.100g⁻¹ až 3,38 mmol.100g⁻¹ u jednotlivých variant. Nejvyšší obsah draslíku v tomto roce byl naměřen 3,38 mmol.100g⁻¹, a to u přípravku TS Sentinel, ve srovnání s kontrolní variantou se jedná o nárůst o 3,16 % obsahu draslíku. Nejnižšího obsahu draslíku bylo naměřeno v tomto roce u přípravku TS Silva, a to 3,17 mmol.100g⁻¹, což byla i celková nejnižší naměřená hodnota obsahu draslíku vůbec. V porovnání s kontrolní variantou se jedná o hodnotu nižší o 3,23 % obsahu draslíku.

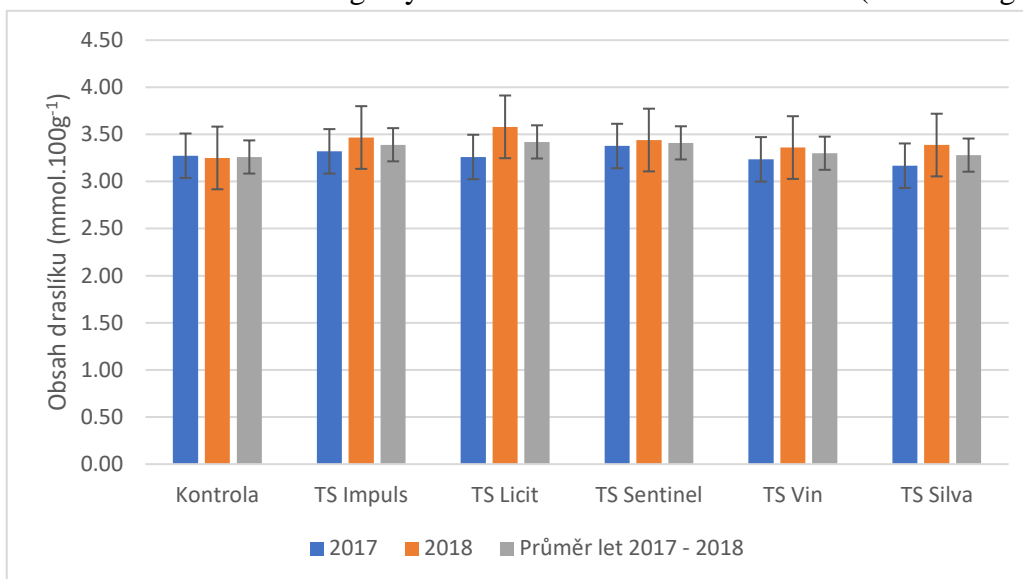
Pro rok 2018 byly dosažené hodnoty obsahu draslíku od 3,36 mmol.100g⁻¹ do 3,58 mmol.100g⁻¹. Nejvyšší naměřená hodnota byla u varianty TS Licit, a to 3,58 mmol.100g⁻¹, tj. o 10,15 % vyšší hodnota draslíku než byla naměřena u kontrolní varianty. Nejnižší naměřená hodnota obsahu draslíku byla u kontrolní varianty 3,25 mmol.100g⁻¹.

Analýzou rozptylu nebyl zjištěn mezi sledovanými variantami statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka č. 18 Vliv biologicky aktivních látek na obsah draslíku (mmol.100g⁻¹)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	Obsah draslíku mmol.100g ⁻¹	%	Obsah draslíku mmol.100g ⁻¹	%	Obsah draslíku mmol.100g ⁻¹	%
Kontrola	3,27	100,00	3,25	100,00	3,26	100,00
TS Impuls	3,32	101,43	3,47	106,67	3,39	104,04
TS Licit	3,26	99,59	3,58	110,15	3,42	104,85
TS Sentinel	3,38	103,16	3,44	105,85	3,41	104,50
TS Vin	3,24	98,83	3,36	103,38	3,30	101,10
TS Silva	3,17	96,77	3,39	104,21	3,28	100,47
F-test	0,35		0,63		0,69	
p (α)	0,8726		0,6824		0,6365	
d _{αmin}	0,4721		0,6655		0,3522	

Graf č. 10 Vliv biologicky aktivních látek na obsah draslíku ($\text{mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$)



5.2.4 Obsah sodíku v bulvách cukrové řepy

Hodnoty obsahu sodíku naměřené u cukrové řepy jsou prezentovány v tabulce č. 19 a graficky znázorněny v grafu č. 11.

Průměrný obsah sodíku u cukrové řepy naměřený v letech 2017 - 2018 se pohyboval v rozmezí od $0,38 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ do $0,40 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$. V tomto období bylo dosaženo průměrně podobných hodnot pohybujících se okolo $0,39 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$, a to konkrétně u variant TS Impuls, TS Licit a TS Vin. Nejvyššího průměrného obsahu sodíku bylo naměřeno u přípravku TS Silva, a to průměrnou hodnotou $0,40 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$, což je o 1,06 % vyšší hodnota než byla naměřena u kontrolní varianty. Vysoká hodnota sodíku je negativní a nežádoucí parametr.

Celkový nejvyšší obsah sodíku v analyzovaném období 2017 – 2018 byl naměřen v roce 2018 u varianty TS Silva, a to $0,48 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$, tj. o 6,72 % relativně vyšší obsah sodíku oproti kontrolní variantě. Celkově nejnižší hodnota obsahu sodíku byla v daném období naměřena v roce 2017, a to u varianty TS Vin s hodnotou $0,31 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$, tj. o 9,41 % relativně nižší obsah sodíku oproti kontrolní variantě.

V roce 2017 se pohybovaly hodnoty obsahu sodíku v rozmezí od $0,31 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ až $0,34 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Nejvyšší hodnoty obsahu sodíku ($0,34 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$) v tomto roce dosáhla kontrolní varianta. V případě nejnižší hodnoty stanovení obsahu sodíku bylo naměřeno u dvou přípravků shodných hodnot, a to u varianty TS Licit a varianty TS Vin, a to $0,31 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Relativní hodnota obsahu sodíku oproti kontrolní variantě byla v rozdílu, a to u přípravku TS Licit to je o 7,92 % relativně nižší hodnota oproti kontrolní variantě a u TS Vin jde o 9,41 % relativně nižší hodnoty obsahu sodíku oproti kontrolní variantě.

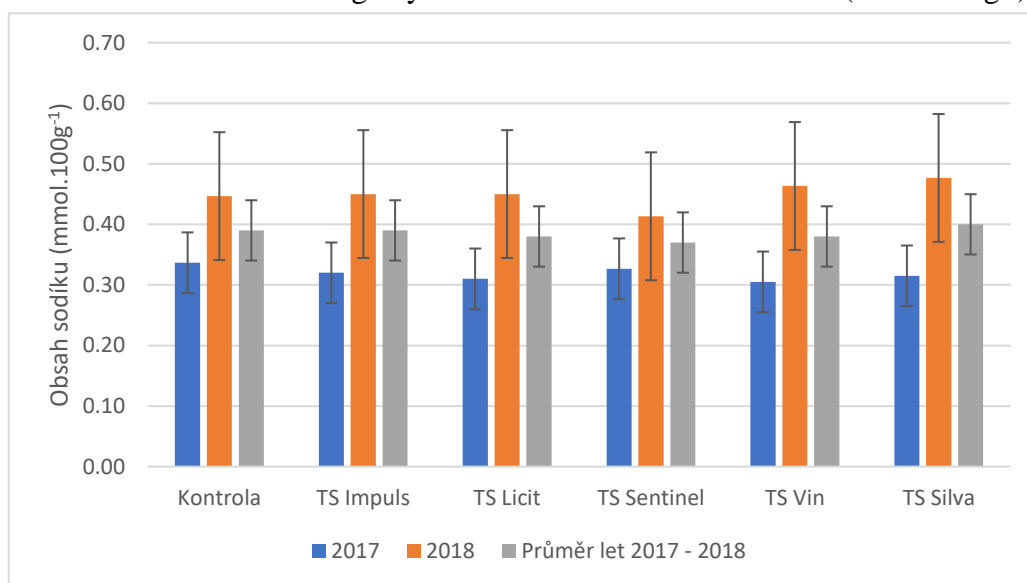
V roce 2018 se u jednotlivých variant dosahovalo hodnot v rozsahu od $0,45 - 0,48 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Nejvyšší hodnota byla naměřena u přípravku TS Silva, a to $0,48 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$, což je o 6,72 % vyšší obsah sodíku oproti kontrolní variantě. Nejnižší obsah sodíku byl naměřen u přípravku TS Sentinel s hodnotou $0,41 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$, což je o 7,46 % nižší obsah sodíku oproti kontrolní variantě.

Z tabulky vyplývá, že rozdíly v obsahu sodíku v jednotlivých sledovaných variantách a ročnících nejsou statisticky průkazné.

Tabulka č. 19 Vliv biologicky aktivních látek na obsah sodíku (mmol.100g⁻¹)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	Obsah Sodíku mmol.100g ⁻¹	%	Obsah sodíku mmol.100g ⁻¹	%	Obsah sodíku mmol.100g ⁻¹	%
Kontrola	0,34	100,00	0,45	100,00	0,39	100,00
TS Impuls	0,32	95,05	0,45	100,75	0,39	98,30
TS Licit	0,31	92,08	0,45	100,75	0,38	97,02
TS Sentinel	0,33	97,03	0,41	92,54	0,37	94,47
TS Vin	0,31	90,59	0,46	103,73	0,38	98,09
TS Silva	0,32	93,56	0,48	106,72	0,40	101,06
F-test	0,27		0,23		0,18	
p (α)	0,9209		0,9434		0,969	
d _{αmin.}	0,1002		0,2111		0,0996	

Graf č. 11 Vliv biologicky aktivních látek na obsah sodíku (mmol.100g⁻¹)



5.2.5 Teoretická výtěžnost v bulvách cukrové řepy

Výsledky měření teoretické výtěžnosti cukru jsou uvedeny v tabulce č. 20 a graficky vyjádřeny grafem č. 12.

Pro výpočet tohoto kvalitativního parametru byl použit vzorec: *cukernatost* – (0,343 x *K* + 0,343 x *Na* + 0,094 x *α-aminoN* + 0,29). Celkový výsledek je uveden v procentech a jako ovlivňující parametry jsou zde cukernatost a množství melasotvorných látek.

Průměrná teoretická výtěžnost cukrové řepy ve sledovaném období 2017 - 2018 dosahovala v průměru shodných hodnot, tyto hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 18,51 % do 18,72 %. Průměrná nejvyšší teoretická výtěžnost byla naměřena u přípravku TS Vin s průměrnou hodnotou 18,72 %, což je o 1,64 % více než u kontrolní varianty. Průměrná nejnižší teoretická výtěžnost byla naměřena u kontrolní varianty, a to 18,42 %.

Celková nejvyšší hodnota teoretické výtěžnosti ve sledovaném období 2017 - 2018 byla naměřena v roce 2018, a to u varianty TS Sentinel 18,84 %, což je o 0,56 % vyšší hodnota než u kontrolní varianty. Oproti tomu nejnižší teoretická výtěžnost byla naměřena v roce 2017, a to u kontrolní varianty, kdy dosáhla hodnota teoretické výtěžnosti 18,10 %.

V roce 2017 se hodnoty teoretické výtěžnosti pohybovaly v rozmezí 18,13 - 18,70 %. Nejvyšší hodnota teoretické výtěžnosti byla dosažena u varianty TS Vin, a to 18,70 %, tj. o 3,35 % vyšší hodnota než byla naměřena u kontrolní varianty. Nejnižší hodnota v tomto roce byla naměřena u kontrolní varianty, a to 18,10 % teoretické výtěžnosti.

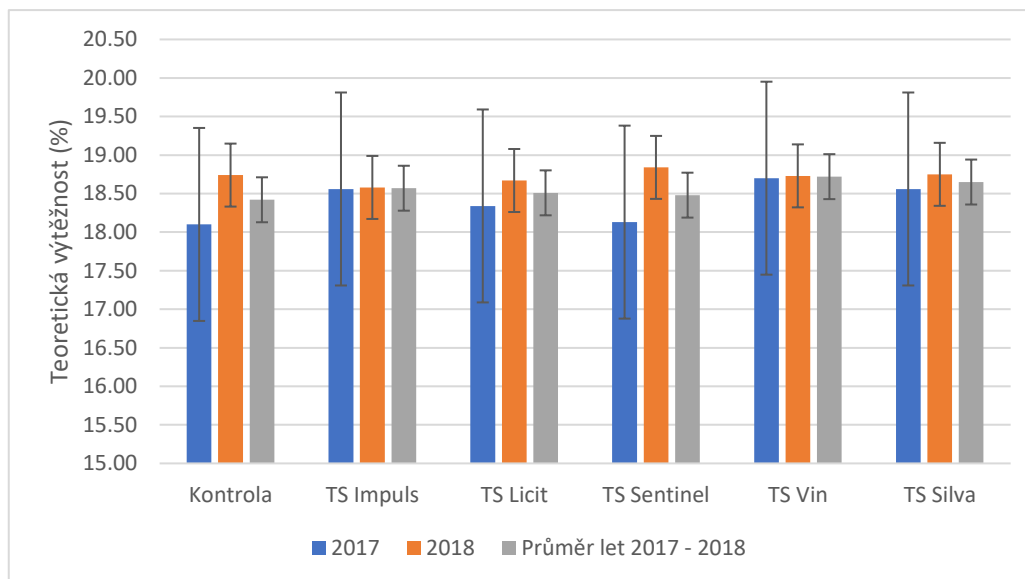
V roce 2018 se hodnoty teoretické výtěžnosti pohybovaly v intervalu 18,67 - 18,84 %. Nejvyšší hodnoty bylo dosaženo u varianty TS Sentinel, a to 18,84 % teoretické výtěžnosti, což je o 0,56 % více ve srovnání s kontrolní variantou. Naopak nejnižší zaznamenaná teoretická výtěžnost byla u přípravku TS Impuls, a to 18,58 %, což je o 0,82 % méně než u kontrolní varianty.

Analýzou rozptylu nebyl zjištěn mezi sledovanými variantami statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka č. 20 Vliv biologicky aktivních látek na teoretickou výtěžnost (%)

	2017		2018		Průměr let 2017 - 2018	
	Teoretická výtěžnost %	%	Teoretická výtěžnost %	%	Teoretická výtěžnost %	%
Kontrola	18,10	100,00	18,74	100,00	18,42	100,00
TS Impuls	18,56	102,54	18,58	99,18	18,57	100,83
TS Licit	18,34	101,34	18,67	99,66	18,51	100,49
TS Sentinel	18,13	100,15	18,84	100,56	18,48	100,36
TS Vin	18,70	103,35	18,73	99,98	18,72	101,64
TS Silva	18,56	102,54	18,75	100,07	18,65	101,28
F-test	0,49		0,25		0,61	
p (α)	0,7768		0,9298		0,6964	
d _{amin}	2,5034		0,8172		0,583	

Graf č. 12 Vliv biologicky aktivních látek na teoretickou výtěžnost (%)



5.3 Ekonomické zhodnocení použitých přípravků

V tabulce č. 21 jsou přehledně vyhodnocena data ekonomické efektivity při použití jednotlivých přípravků. Ceny přípravků vycházejí z platného ceníku společnosti Trisol farm pro rok 2019, veškeré ceny jsou uvedené bez DPH. Pro stanovení ceny cukrové řepy byl použit materiál Situační a výhledová zpráva Cukr a cukrová řepa - 12/2017. Ceny jsou přepočteny na 16% cukernatost z cen zemědělských výrobců.

Nejvyššího ekonomického zisku bylo dosaženo při použití přípravku TS Silva. V rámci sledovaného dvouletého období 2017 - 2018 dosahovala cukrová řepa ošetřená tímto přípravkem průměrně nejvyššího výnosu bulev přepočtených na 16% cukernatost a dosáhla nejvyššího navýšení ve srovnání s kontrolní variantou. Ve srovnání s kontrolní variantou bylo dosaženo tímto přípravkem vyššího výnosu a to o 7,13 t.ha⁻¹, tj. při průměrné jednotkové ceně 851 Kč.t⁻¹, tržba v hodnotě 6 067,63 Kč.ha⁻¹ a po odečtení veškerých nákladů, které jsou složeny z pořízení přípravku a provedení aplikace byl vypočítán zisk v hodnotě 5 388,63 Kč.ha⁻¹. Při použití přípravku TS Silva bylo dosaženo výrazně vyšších zisků než u ostatních sledovaných přípravků, tyto pak dosahovaly ve srovnání ekonomicky podobných zisků.

Jako druhý nejefektivnější přípravek byl TS Licit, který ve srovnání s kontrolní variantou dosáhl navýšení výnosu 4,06 t.ha⁻¹, což při průměrné jednotkové ceně cukrové řepy 851 Kč.t⁻¹ dosáhlo tržby v hodnotě 3 455,06 Kč.ha⁻¹. Po odečtení nákladů na pořízení přípravku a provedení aplikace byl vypočítán zisk 2 792,06 Kč.ha⁻¹. Třetí v pořadí byl vyhodnocen přípravek TS Sentinel, a to s průměrným navýšením výnosu bulev přepočtených na 16% cukernatost o 2,88 t.ha⁻¹ oproti kontrolní variantě, což při ceně 851 Kč.t⁻¹ cukrové řepy dosáhlo tržby 2 450,88 Kč.ha⁻¹, a po odečtení veškerých nákladů byl zisk 1 793,88 Kč.ha⁻¹.

Následoval přípravek TS Vin, který dosáhl průměrného navýšení výnosu bulev přepočtených na 16% cukernatost o 3,15 t.ha⁻¹, oproti kontrolní variantě s výslednou tržbou 2 680,65 Kč.ha⁻¹, ale po započtení veškerých nákladů, kde se výraznou měrou podepsala vyšší

cena přípravku, bylo dosaženo výsledně nižšího zisku v rámci sledovaných přípravků, a to hodnoty 1 605,65 Kč.ha⁻¹. Celkově nejnižšího zisku bylo dosaženo při použití přípravku TS Impuls, a to 1 234,73 Kč.ha⁻¹ s průměrným navýšením výnosu bulev přepočtených na 16% cukernatost o 2,23 t.ha⁻¹ v porovnání s kontrolní variantou.

Rozdíl v zisku u přípravku TS Silva oproti ostatním testovaným přípravkům byl výrazný, což je patrné z ekonomického vyhodnocení. Mezi ostatními testovanými přípravky byl minimální rozdíl ve výsledném zisku. Z ekonomického hlediska byla aplikace přípravků působících na listovou plochu velice přínosná.

Tabulka č. 21 Ekonomické vyhodnocení aplikace použitých přípravků

Varianta	Cena přípravku (Kč.l ⁻¹)	Aplikovaná dávka (l.ha ⁻¹)	Náklady na přípravek + aplikace (Kč.ha ⁻¹)	
TS Impuls	925,00	0,50	463 + 200 = 663	
TS Licit	925,00	0,50	463 + 200 = 663	
TS Sentinel	1 825,00	0,25	457 + 200 = 657	
TS Vin	3 500,00	0,25	875 + 200 = 1 075	
TS Silva	1 915,00	0,25	479 + 200 = 679	
Varianta	Navýšení výnosu bulev přepočtených na 16% cukernatost oproti kontrolní variantě (t.ha ⁻¹)	Cena cukrové řepy (Kč.t ⁻¹)	Výnosy (Kč.ha ⁻¹)	Zisk (Kč.ha ⁻¹)
TS Impuls	2,23	851,00	1 897,73	1 234,73
TS Licit	4,06	851,00	3 455,06	2 792,06
TS Sentinel	2,88	851,00	2 450,88	1 793,88
TS Vin	3,15	851,00	2 680,65	1 605,65
TS Silva	7,13	851,00	6 067,63	5 388,63

6 Diskuze

Biologicky aktivní látky mohou obsahovat malé množství živin, ale především látky ovlivňující růst a vývoj nadzemních a podzemních částí rostlin. Na trhu se dnes objevuje široké spektrum biologicky aktivních látek, které obsahují látky nebo mikroorganismy, jejichž úkolem je při aplikaci na rostlinu stimulovat přirozené procesy rostliny s cílem zvýšit příjem a účinnost živin, toleranci vůči abiotickému stresu a příznivě ovlivnit kvalitu produkce.

Biologicky aktivní látky u cukrové řepy mají za cíl zvýšit biologickou hodnotu osiva, regulaci růstu a podporu vývoje během vegetace, a vést tak ke zvýšení výnosu bulev za současného zvýšení cukernatosti (Urban & Pulkrábek 2018).

Pozitivní působení na kvantitativní parametry než na kvalitativní u cukrové řepy při použití biologicky aktivních látek potvrzuje i studie Pačuta (2013). K obdobnému závěru došla ve své studii Fecková et al. (2005), která opět uvádí, že po aplikaci biostimulátorů došlo k ovlivnění ve větší míře látek kvantitativních než kvalitativních. V našem pokusu se toto tvrzení také potvrdilo.

Na tvorbě výnosu cukrové řepy se podílí velkou měrou i počasí, a to z 15 až 20 % a vliv stanoviště, okolo 37 % jak uvádí Pulkrábek a kol. (2008). Nejen tyto negativní faktory je možné eliminovat aplikací biologicky aktivních látek na porost cukrové řepy v průběhu vegetace. Aplikací biologicky aktivních látek napomáháme k regulaci růstu, vývoji porostu a celkovému navýšení výnosu a cukernatosti.

V našem dvouletém pokusu se potvrdilo, že biologicky aktivní látky zvyšují výnos bulev, neboť došlo u všech hodnocených variant k nárůstu výnosu oproti kontrolní variantě. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo za použití přípravku TS Silva aplikovaného před uzavřením porostu, a to v průměru obou let $70,52 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zajímavostí je, že při použití přípravku TS Silva nedošlo k výraznému poklesu cukernatosti (20,50 %, což je druhý nejlepší výsledek), ani při zhodnocení výnosu polarizačního cukru, kdy aplikace tohoto přípravku dosáhla nejvyšších hodnot, a to $14,46 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na základě těchto výsledků se nepotvrdil tzv. "zřed'ovací efekt", kdy při růstu hmotnosti kořene může dojít k poklesu cukernatosti. Tento jev zpravidla nastává v závěru vegetace v důsledku výkyvu počasí, např. vysoká intenzita srážek podporuje intenzivní nárůst kořene případně může docházet k poškození patogeny (Hřivna et al. 2017).

Přípravek TS Silva obsahuje přírodní cukry a k nim vázané mikroprvky, výtazek z mořských řas, stříbro pro podpůrný ozdravný účinek. Přípravek obsahuje adaptogenní látky. Přípravek obsahuje N a S vázané v aminokyselinách, P, K a mikroprvky jako součást cukerné složky výrobku. Aminokyseliny aplikované ve formě listové výživy podporují tvorbu bílkovin, působí také jako antioxidanty, které napomáhají rostlinám odolávat stresovým vlivům a suchu. Díky aplikaci přípravku obsahujícího aminokyseliny dochází k výraznému nárůstu listové plochy, což má za následek větší asimilační plochu rostliny, toto vede k pozitivnímu vlivu na výnos bulev (EL-gamal et al. 2016).

Množství srážek a slunečního svitu v období od července až do září je důležitým faktorem pro celkový výnos, růst a vývoj cukrové řepy. V roce 2017 byly srážkové podmínky normální (období červenec 2017 až září 2017), oproti tomu rok 2018 byly srážkové podmínky v období od července až do září silně podnormální doprovázené teplotními podmínkami mimořádně nadnormální. V letních měsících je důležitý dostatek vláhy. V tomto období dochází

k intenzivní tvorbě bulvy cukrové řepy (Hřivna et al. 2017). Negativní klimatické podmínky v roce 2018 se promítly ve výnosu bulev cukrové řepy.

Aplikace biologicky aktivních látek má pozitivní vliv na metabolismus rostliny, tento pozitivní vliv se projevuje i na obsahu chlorofylu, např. růstové regulátory (cytokininy) potlačují apikální dominanci a stárnutí listů, což umožňuje jejich delší životaschopnost, zamezuje poklesu nukleových kyselin, bílkovin a omezuje odbourávání chlorofylu. Toto vede ke zvýšenému výnosu na hektar a jakosti sklizně (Pulkrábek et al. 2015). V našem pokusu se na výnosu chrástu, jakožto jediného z kvantitativních ukazatelů, neprojevil vliv aplikace biologicky aktivních látek.

Rok 2017 byl z pohledu výnosu chrástu efektivnější, pohyboval se na úrovni 35 t.ha⁻¹. Oproti tomu v roce 2018 bylo dosaženo průměrného výnosu chrástu 18 t.ha⁻¹. Tento rozdíl byl ovlivněn negativními klimatickými podmínkami, které v roce 2018 panovaly. Nejvyššího výnosu chrástu ve sledovaném období bylo dosaženo v roce 2017 při použití přípravku TS Licit (44,33 t.ha⁻¹). Přípravek TS Licit obsahuje látky s cytokininovým účinkem, tyto pozitivně ovlivňují růst zelené biomasy rostlin a napomáhají udržet co nejdelší dobu zelené listy.

Výnos polarizačního cukru je ovlivněn dvěma faktory, a to je celkový výnos bulev a cukernatost bulev. Porosty ošetřené biologicky aktivními látkami vykazovaly vyšší výnos polarizačního cukru oproti kontrolní variantě, a to v obou letech pokusu. Průměrně porosty ošetřené biologicky aktivními látkami převýšily kontrolní variantu o 0,6 t.ha⁻¹. Nejvyššího výnosu bylo docíleno v roce 2017 při použití přípravku TS Silva (16,19 t.ha⁻¹).

Nejdůležitějším ukazatelem technologické kvality cukrové řepy je cukernatost, minimální hodnota obsahu cukru by se měla pohybovat na hodnotě 16 %. V našem pokusu byla tato minimální hranice obsahu převýšena, a to u všech sledovaných variant. Rassam et al. (2015) uvádí, že aplikací huminových kyselin na porost přináší zvýšení cukernatosti, ale procentuální nárůst snižují vysoké a časté dávky. Jednoznačné určení dávky huminové kyseliny pro maximalizaci cukernatosti neexistuje.

V testovaném období vykazovaly všechny přípravky podobných výsledků jako u kontrolní varianty, u přípravku TS Impuls v roce 2018 došlo dokonce ke snížení cukernatosti pod hodnotu kontrolní varianty.

Za látky s nežadoucím vlivem na technologickou jakost cukrové řepy považujeme melasotvorné látky (α -aminodusík, draslík a sodík), tyto negativně ovlivňují krystalizaci, a tímto se zvyšuje celkový podíl melasy oproti výnosu bílého cukru.

Výše škodlivého α -aminodusíku se v praxi pohybuje v optimálním rozmezí 1 - 1,6 mmol.100g⁻¹ (reálně 0,4 – 3,8 mmol.100g⁻¹) (Candráková et al. (2009). Průměrné naměřené hodnoty obsahu škodlivého α -aminodusíku v letech 2017 až 2018 se pohybovaly v nadlimitních hodnotách. V obou letech byla překročena horní hranice optimální hodnoty 1,6 mmol.100g⁻¹. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo v roce 2018, kdy se hodnoty α -aminodusíku pohybovaly v rozmezí od 3,18 – 3,35 mmol.100g⁻¹. U kontrolní varianty byla naměřena hodnota 3,33 mmol.100g⁻¹. V průběhu dvouletého pokusu nebylo docíleno pozitivního účinku na obsah α -aminodusíku při použití biologicky aktivních látek. Nejvyšší nárůst α -aminodusíku byl zaznamenán při použití přípravku TS Vin (rok 2017) a TS Licit (v roce 2018). Optimální koncentrace draslíku je na úrovni 3,5 – 4,6 mmol.100g⁻¹ (Candráková et al. 2009). V žádné hodnocené variantě a ročníku nebyla nikdy překročena horní hranice 4,6 mmol.100g⁻¹. Při aplikaci biologicky aktivních látek v našem pokusu nedošlo ke zlepšení obsahu draslíku

u cukrové řepy. Pouze v roce 2017 došlo ke snížení obsahu draslíku při použití biologicky aktivních látek, a to u porostu ošetřeného přípravkem TS Licit ($3,26 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$), TS Vin ($2,24 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$) a TS Silva ($3,17 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$) oproti kontrolní variantě, u které bylo naměřeno $3,27 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$. Obsah melasotvorných látek v kořeni cukrové řepy je závislý od kvality půdy, minerálního hnojení a klimatických podmínek v průběhu vegetace (Rassam et al. 2015).

V optimálních podmínkách se koncentrace sodíku pohybuje v rozmezí $0,3 - 0,7 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (Candránková et al. 2009). V průběhu testovaného období 2017 - 2018 byly dosaženy obdobné výsledky které se v průměru pohybovaly od $0,37 - 0,40 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$, což znamená, že biologicky aktivní látky nemají zásadní vliv na obsah sodíku v cukrové řepě.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo posouzení vlivu biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy. Dílčím cílem práce bylo vyhodnocení ekonomické efektivity aplikace. Bylo hodnoceno 6 variant, včetně kontrolní, ve třech opakováních, a to v letech 2017 – 2018. Jednalo se o maloparcelkové pokusy na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě. Aplikace testovaných přípravků na list u přípravku TS Impuls byla aplikována ve fázi 6ti parů pravých listů a u přípravků TS Licit, TS Sentinel, TS Vin SK a TS Silva před uzavřením porostu.

V průběhu dvou sledovaných let se výrazným způsobem projeví klimatické podmínky, a to zejména v roce 2018, kdy byly naměřeny teplotní hodnoty mimořádně nadnormální a srážky silně podnormální. Proto v tomto roce byly dosaženy u výnosových parametrů nejnižší hodnoty u všech testovaných variant včetně kontrolní.

Dosažené výsledky dvouletého pokusu při aplikaci biologicky aktivních látek na porost cukrové řepy lze zhodnotit jako prospěšný a z pohledu efektivity tyto látky jednoznačně pomohly k vyšším výnosům cukrové řepy. V průběhu celého pokusného období docházelo, a to u všech variant k navýšení výnosových ukazatelů oproti kontrolní variantě. Jednoznačně nelze určit, která z biologicky aktivních látek byla nejefektivnější, ale z pohledu ekonomického zisku měla jednoznačně nejlepší dosažené výsledky aplikace přípravku TS Silva, a to 5 388,63 Kč.ha⁻¹. Průměrně bylo naměřeno ve všech variantách ve sledovaném období (2017 - 2018) zhruba 4,5 % navýšení oproti kontrolní variantě, a to u těchto výnosových parametrů: výnos bulev, výnos polarizačního cukru, výnos bílého cukru a výnos bulev přepočtených na 16% cukernatost. Žádný z výnosových ukazatelů v daném pokusném období neprokázal statisticky průkazné rozdíly.

V případě kvalitativních parametrů bylo dosaženo varabilnějších výsledků. U těchto parametrů nelze jednoznačně konstatovat pozitivní efekt při aplikaci biologicky aktivních látek na všechny hodnocené parametry. Nebyl zde zaznamenán průkazný statistický rozdíl.

Obsah melasotvorných látek nebyl aplikací biologicky aktivních látek výrazně ovlivněn. Aplikací testovaných přípravků se melasotvorné látky pohybovaly v rozmezí od 2,01 - 3,35 mmol.100 g⁻¹, v tomto případě se nejedná o statisticky průkaznou změnu, i když se může jevit, že jde o velký rozdíl v naměřených hodnotách.

U teoretické výtěžnosti a cukernatosti jsou průměrné hodnoty téměř totožné s kontrolní variantou. Zde nedošlo k výraznému navýšení po aplikaci biologicky aktivních látek oproti kontrolní variantě. Nejvyšších hodnot bylo docíleno aplikací přípravku TS Vin, a to v obou parametrech (teoretické výtěžnosti a cukernatosti).

Stanovisko k vědecké hypotéze **1. Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy příznivě ovlivňuje výnosové ukazatele cukrové řepy.** Hypotéza nebyla přijata. Při aplikaci biologicky aktivních látek do porostu cukrové řepy došlo k navýšení kvantitativních ukazatelů všech hodnocených parametrů, vyjma výnosu chrástu.

Stanovisko k vědecké hypotéze **2. Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy příznivě ovlivňuje kvalitativní ukazatele cukrové řepy.** Hypotéza nebyla přijata. Výsledek pokusu jednoznačně ukázal, že některé varianty biologicky aktivních látek zlepšovaly kvalitativní parametry, a jiné naopak zhoršovali. U melasotvorných látek nelze jednoznačně určit přínos, v některých případech byly pozitivní, v některých negativní.

Stanovisko k vědecké hypotéze 3. Aplikace biologicky aktivních látek je ekonomicky efektivní. Hypotéza byla přijata. Všechny hodnocené varianty dosáhly zisku oproti kontrolní variantě, a to od 1 234,73 – 5 388,63 Kč.ha⁻¹. Všechny použité přípravky byly ekonomicky efektivní.

Pokusem bylo jasně prokázáno, že aplikace biologicky aktivních látek přinesla prokazatelné zefektivnění především u kvantitativních ukazatelů. Pozitivní působení testovaných přípravků se projevilo zejména u výnosu bulev přepočtených na 16% cukernatost, tento parametr udává základní produkční informace o výkonnosti cukrové řepy. Tento parametr se následně odráží na ekonomické návratnosti použitých přípravků. Jednoznačně lze doporučit pěstitelům cukrové řepy použití biologicky aktivních látek, a tím si zvýšit výnosy a současně i konkurenceschopnost. V našem pokusu je patrné i riziko klimatických podmínek, a to nejen při pěstování cukrové řepy, ale celé rostlinné výroby. Díky biologicky aktivním látkám je možné nežádoucí stresové faktory minimalizovat a napomoci rostlinám tyto faktory překonávat. To vede k podpoře tvorby výnosu a dosažení nejvyššího možného výnosového potenciálu.

8 Literatura

- Allison MF, Chapman J. 1995. Role of phosphate in beet crop nutrition. *British Sugar Beet Review*. **63** (4). 12-14
- Asadi M. 2007. *Beet - Sugar Handbook*. John Wiley and Sons. New Jersey. 866 s.
- Bittner V, Běhal R. 2010. Škodlivé organismy cukrovky: Abiotická poškození, choroby, škůdci, plevele. Slavkov. 102 s.
- Buer CS, Muday GK, Djordjevic MA. 2007. Flavonoids Are Differentially Taken Up and Transported Long Distances in Arabidopsis. *Plant Physiology* **145**:478–490.
- Candráková E, Buday M, Slamka P, Hanáčková E. 2009. Využitie biopreparátov při pestovaní repy cukrovej. *Listy cukrovarnické a řepařské*. 125 (2). 52 – 56.
- Cooke, D. A., Scott, J. E., 1993. *The sugar beet crop: Science Into Practice*. Chapman & Hall. London. p. 704.
- CFIA. The Biology of *Beta vulgaris* L. (Sugar Beet). Canadian Food Inspection Agency. Available from: <http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/applicants/directive-94-08/biology-documents/beta-vulgaris-l-/eng/1330725373948/1330725437349> (Accessed March 2019)
- Černý I, Pačuta V, Pospíšil R, Ondříšek P, Kováčik P. Vplyv Atoniku a Pentakeepu-V na produkčné parametre repy cukrovej a plodiny rotujúcej v oševnom postupe. *LCaŘ 127 (5–6)*: 174 -178
- Dorothea B, Ramanjulu S. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Crit Rev Plant Sci*. **24**(1):23–58.
- Draycott AP. 2006. *Sugar beet*. Blackwell Publishing. Oxford. 474s.
- Draycott AP, Christenson DR. 2003. *Nutrient for sugar beet production: Soil – Plant Relationship*. CAB Publishing. Wallingford. 242 s.
- EL-gamal IS, Abd El-Aal MMM, El-Desouky SA, Khedr ZM, Abo Shady KA. 2016. Effect of some Growth Substances on Growth, Chemical Compositions and Root Yield Productivity of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) *Plant. Middle East Journal of Agriculture Research*. 5 (2). 171 – 185.
- Evans E, Messerschmidt U. 2017. Review: Sugar beets as a substitute for grain for lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8(1): 8-25
- Farley RF, Draycott AP. 1974. Growth and yield of sugar beet in relation to potassium and sodium supply. *Journal of science of Food and Agriculture*. **26**: 385-392
- Fecková J, Pačuta V, Černý I. 2005. Effect of foliar preparations and variety on sugar beet yield and quality. *Journal of Central European Agriculture*. 6 (3). 295 – 308.
- Filippi A, Petrusa E, Braidot E. 2016. Flavonoid facilitated/passive transport: Characterization of quercetin microsomal uptake by a DPBA-dependent assay. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics* **1857**:e64.
- Froněk D, Suková J, Hanák J, Trnka Z. 2017. Situační a výhledová zpráva – Cukrová řepa. Ministerstvo zemědělství. Praha.
- Gupta U, Solanki H. 2013. Impact of boron deficiency on plant growth. *International journal of bioassays*. **2** (7): 1048–1050.
- Hoffmann ChM, 2010. Root quality of sugarbeet. *Sugar tech*. 12 (3 – 4). 276 – 287.

Hřivna L. 2014. Technologie sacharidů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 158 s.

Hřivna L, Pechková J, Burešová I. 2014. Vliv aplikace bóru na výnos a technologickou kvalitu cukrové řepy. LCaŘ. **130**(4): 126 – 130

Hřivna L, Kong JH, Machálková L, Burešová I, Sapáková E, Kučerová J, Šottníková V. 2017. Vliv mimokořenové výživy draslíkem a křemíkem na výnos a kvalitu cukrovky v nestandardních povětrnostních podmínkách roku 2014 a 2015. Listy cukrovarnické a řepářské. **133** (5 – 6). 182 – 186.

Chochola J. 2010. Průvodce pěstováním cukrové řepy. Řepářský institut Semčice. Semčice. 65 s.

Chochola J, Verfl J. 2006. 175 let pěstování cukrovky pro cukrovar Dobruška. Listy cukrovarnické a řepářské, č. 7 - 8. VUC Praha. Praha.

Janská P, Marsík P, Zelenková S, Ovesná J. 2010. Cold stress and acclimation - what is important for metabolic adjustment? Plant Biol. **12**(3): n395–405.

Jeandet P, Hébrard C, Deville M-A, Cordelier S, Dorey S, Aziz A, Crouzet J. 2014. Deciphering the Role of Phytoalexins in Plant-Microorganism Interactions and Human Health. Molecules **19**:18033–18056.

Jelić S, Antunović M, Bukvić G, Varga I, Iljkić D. 2019. Vliv hustoty porostu na růst, výnos a kvalitu cukrové řepy. LCaŘ. **135**(3): 107 - 111

Jůzl M, Elzner P. 2014. Pěstování okopanin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 100 s.

Jůzl M, Pulkrábek J, Diviš J. 2000. Rostlinná výroba III. (Okopaniny). Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 222 s.

Kadlec P, 2000, Technologie sacharidů, Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, 138 s.

Kim H, Hwang H, Hong JW, Lee YN, Ahn IP, Yoon IS, Yoo SD, Lee S, Lee SC, Kim BG. 2012. A rice orthologue of the ABA receptor, OsPYL/RCAR5, is a positive regulator of the ABA signal transduction pathway in seed germination and early seedling growth. J Am Inst Conserv. **63**(2):1013–1024.

Koprna R, Spíchal L, Strnad M. 2012. Perspektivy využití růstových regulátorů. Úroda. **6**: 47–49.

Macháčková I, Krekule J. 2002. Plant Growth Regulators – Theory and Praxis. In Sborník z konference Setrvalý rozvoj rostlinné a živočišné produkce – cesta k rozvoji českého venkova. Agronomické fakulty České zemědělské univerzity. 113–114.

McLean EO, Watson ME. 1985. Potassium in Agriculture. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. 308

OECD. 2001. Concensus Document on the Biology of *Beta vulgaris* L. (Sugar Beet). OECD. Paris. 40 s.

Ondříšek P, Urminská J, Porhajašová J, Pačuta V, Černý I, Sovišová M. 2010. Dynamika anorganického dusíka v půdě pod repou cukrovou v závislosti od aplikovaných hnojív. Listy cukrov. řepář., **126** (11). s. 372–375.

Oršulová J, Pačuta V, Tóth P. 2003. Kvalitatívne parametre odrôd repy cukrovej ovplyvnené foliárnou výživou, In Celoslovenská vedecká repárska konferencia. VES SPU. Nitra. s. 181–184.

Pačuta V, 2013. Vplyv prípravkov na báze biologicky aktívnych látok na kvantitu a kvalitu produkcie cukrovej repy. Listy cukrovarnícké a řepařské. 129 (7-8). 228 – 230.

Pawlak-Sprada S, Stobiecki M, Deckert J. 2011. Activation of phenylpropanoid pathway in legume plants exposed to heavy metals. Part II. Profiling of isoflavonoids and their glycoconjugates induced in roots of lupine (*lupinus luteus*) seedlings treated with cadmium and lead. *Acta Biochimica Polonica*, **58**(2): 217-223.

Pelikán M, Hřivna L, Humpola J. 1999. Technologie sacharidů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. 152s.

Prugar J, Baranyk P, Barta J, Bjelková M, Bradová J, Burešová I, Capouchová I, Cuhra P, Čepička J, Čepl J, Diviš J, Dostálová J, Doucha J, Dušek K, Ehrenbergerová J, Faměra O, Hajšlová J, Hamouz K, Hanišová A, Horáková V, Horčička J, Hrubý J, Hrušková M, Hřivna L, Jůzl M, Kalač P, Kalinová J, Kocourková B, Kolovrat O, Kopec K, Koprna R, Kořen J, Krofta K, Kučerová J, Lachman J, Mezulianik M, Moudrý J, Nedělník J, Němcová A, Novotný F, Pelikán M, Perlín C, Petr J, Polišínská I, Psota V, Pulkrábek J, Schulzová V, Smotlacha M, Sýkorová S, Šetlík I, Škopek B, Štěrba Z, Štolcová M, Švachula V, Vacek J, Vaculová K, Zahradníček J, Zukalová H 2008, Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s. Praha, 327 s.

Pulkrábek J, Urban J, Bečková L, Valenta J. 2007. Řepa cukrová- pěstitelský rádce. Kurent. Praha. s. 64

Pulkrábek J, Švachula V, Křivánek J. 2008. Změny v produkci cukrovky vlivem počasí. Listy cukrovarnícké a řepařské. 124 (9 – 10). 263 – 265.

Pulkrábek J, Švachula V, Šroller J. Postavení cukrovky v zemědělských soustavách. www.agroweb.cz

Rassam G, Dadkhan A, Khoshnood Yazdi A, Dashti M. 2015. Impact of Humic Acid on Yield and Quality of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Grown on Calcareous Soil. *Notulae Scientia Biologicae*. 7 (3). 376 – 371.

Richter R, Hřivna L. 2001. Nové trendy a poznatky při pěstování okopanin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno. Brno. 39 s.

Riou C, Hervé C, Pacquit V, Dabos P, Lescure B. 2002. Expression of an Arabidopsis, lectin kinase receptor gene, *lecRK-a1*, is induced during senescence, wounding and in response to oligogalacturonic acids. *Plant Physiol Biochem* **40**(5):431–438.

Rostlinolékařský portál. 2019. řepa obecná cukrovka. Available from: eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c5c3a74%22#fotogalerie|skup:okopaniny|plod:okopa-c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c5c3a74 (Accessed March 2019).

Sivaguru M, Ezaki B, He ZH, Tong H, Osawa H, Baluska F, Volkmann D, Matsumoto H. 2003. Aluminum-induced gene expression and protein localization of a cell wall-associated receptor kinase in Arabidopsis. *Plant Physiol*. **132**(4):2256–2266.

Smrčka, L., Hönig, V., Hromádka, J. 2012. Kde je budoucnost cukrovarnictví v České republice. Listy cukrovarnícké a řepařské. 128 (5 – 6). 193 – 197.

Šárka, E. 2012. Vedlejší produkty cukrovarnického a škrobárenského průmyslu – vznik, využití a optimalizace parametrů. Listy cukrovarnícké a řepařské. 128 (9-10). 307 – 311.

Štranc P. 2010. Význam biologicky aktivních látek při pěstování rostlin, tentokrát sóji. *Agromanuál*, 5 (5). 58–59.

Urban J, Pulkrábek J: Navýšení výnosu a jakosti cukrové řepy pomocí listové výživy a biologicky aktivních látek. LCaŘ 134 (5 – 6). 188 - 194

Varga I, Kristek A, Antunović M. 2015. GROWTH ANALYSIS OF SUGAR BEET IN DIFFERENT SOWING DENSITY DURING VEGETATION. Poljoprivreda/Agriculture. 21 (1): 28- 34

Vávra A, Hájková L, Kožnarová V, Vondráková A, Voženílek V. 2014. Cukrová řepa na fenologických mapách. LCaŘ. **130**(4): 144 - 148

Villegas M, Sommarin M, Brodelius PE. 2000. Effects of sodium orthovanadate on benzophenanthridine alkaloid formation and distribution in cell suspension cultures of *Eschscholtzia californica*. Plant Physiology and Biochemistry **38**:233–241.

Ye Y, Ding Y, Jiang Q, Wang F, Sun J, Zhu C. 2017. The role of receptor-like protein kinases (RLKs) in abiotic stress response in plants. Plant Cell Reports **36**:235–242.

Zahradníček, J, Pulkrábek J. 2001. Technologická jakost cukrovky a možnosti jejího zlepšování. Farmář. 11 (7). 26 – 27.