

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

Autor práce: Bc. Jan Sedláček

Obor studia: Výživa a ochrana rostlin

**Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Urban, Ph.D.
Odborný školitel: 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:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jaroslavu Urbanovi, Ph.D a školiteli panu prof. Ing. Josefu Pulkrábkovi, CSc za vedení a spolupráci při sestavení této práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu v celém studiu i psaní této práce. Také bych jí chtěl poděkovat za spolupráci na vedení a vyhodnocování pokusu. Zvláště velké poděkování patří majiteli podniku AGROBEN s.r.o. panu Ing. Jaroslavu Egertovi za umožnění vést pokus na firemních pozemcích a ochotu ve spolupráci ve všech oblastech vedení poloprovozního pokusu i jeho vyhodnocení.

Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy

Souhrn:

Biologicky aktivní látky jsou v dnešní době velmi rozšířenou skupinou nabízených přípravků. O těchto látkách je však stále dosaženo velmi malé množství poznatků, především v oblasti vhodného načasování aplikace s ohledem na fyziologický vývoj rostliny a možnosti dalšího ovlivnění účinku povětrnostními vlivy prostředí. Cílem této diplomové práce bylo posoudit vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy, a zda jejich aplikace je v technologii pěstování cukrové řepy ekonomickým přínosem. Součástí práce byl dvouletý poloprovozní pokus, založený v Ohrazenicích u Turnova a na Všeni, s pěti vybranými přípravky běžně dostupnými na trhu, který měl ověřit deklarované účinky jednotlivých přípravků na rostliny cukrové řepy. Testovanými přípravky byly: Terra - sorb foliar, Terra - sorb komplex, Blackjak, Lignohumát Aktivátor a Lignohumát Max. U jednotlivých variant byly sledovány tyto parametry: výnos bulev, výnos chrástu, cukernatost, obsah škodlivého amino dusíku, draslíku, sodíku, výnos bílého cukru a výnos bulev při 16% cukernatosti.

Dosažené výsledky by měly pomoci zemědělcům v rozhodování, zda do základní agrotechniky zařadí i aplikaci těchto sledovaných biologicky aktivních látek. Poloprovozní pokus byl založen v reálných polních podmínkách a měl by tak vykazovat průkazné výsledky z praxe.

Aplikace těchto přípravků nemůže nahradit základní hnojení a zásobení rostlin prvky jako je dusík, draslík, fosfor, síra, hořčík, vápník, sodík a další mikroelementy. Z dosažených výsledků vyplývá, že některé přípravky příznivě působí na navýšení výnosových parametrů. Každý z testovaných přípravků je založen na jiné specifčnosti složení a působení v rostlinných pletivech. Tyto přípravky by měly pomoci rostlině čelit různým formám environmentálního stresu způsobeného suchem, nadměrným slunečním zářením, nedostatkem živin a dalším poškozením rostlin. Rostlina by tak měla překonat stresové situace v lepší kondici a s menší mírou poškození a ztrátou na výnosových a kvalitativních parametrech.

Jednoznačně nejlepšího výnosového výsledku dosáhl přípravek Terra – sorb komplex. Aplikace tohoto přípravku pozitivně ovlivnila nejen samotný výnos bulev, ale v součinnosti s dosaženými kvalitativními parametry z obou pokusných ročníků i pro pěstitele nejdůležitější parametr, kterým je výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost. U této varianty bylo po přepočtu dosaženo průměrného výnosu $105,73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. To činí nárůst výnosu oproti kontrolní variantě $6,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, relativně 6,43 %. Při výkupní ceně cukrové řepy $700 \text{ Kč}\cdot\text{t}^{-1}$ to znamená nárůst tržeb z jednoho hektaru 4 422 Kč. Druhého nejvyššího výnosu dosáhla varianta ošetřená přípravkem Lignohumát Aktivátor. Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost činil $104,52 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Oproti kontrole je to nárůst o $5,59 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, relativně o 5,35 %. Aplikace tohoto přípravku znamenala navýšení tržeb z jednoho hektaru o 3 422,5 Kč.

Klíčová slova: cukrovka, biologicky aktivní látky, výnos, jakost

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

Summary:

Biologically active substances are nowadays very widespread group of offered preparations, but there is not enough knowledge about them. Especially in timing of application with respect to the physiological state of the plant. The other factor is influence of weather. The aim of thesis was to assess the effect of biologically active substances in the growing technology of sugar beet, especially in on yield, quality and economic benefit. Part of this work was a two-year semi-practise experiment during the year 2016 in Ohrazenice near Turnov and during the year 2018 in Všeň. We tested five preparations available on the market: Terra - sorb foliar, Terra - sorb komplex, Blackjak, Lignohumát Aktivátor and Lignohumát Max. In individual variants we monitored the following traits: yield of tuber, yield of tops, sugar content, content of harmful amino nitrogen, potassium content, sodium content and yield of white sugar.

Achieved results should help farmers in deciding on the use of biologically active substances in the growing of sugar beet. The semi – practice experiment was realized in real field conditions, so it should show conclusive results from the practise.

Application of these products can not replace the basic fertilize of plant and supply plants elements such as nitrogen, potassium, phosphorus, sulfur, magnesium, calcium, sodium and other micronutrients. However, our results indicate that some of these preparations have a positive effect on the yield. Each of the tested preparations is based on a slightly different composition and effect on the plant tissues. These preparations should help the plant in case of lack of any environmental stress conditions. For example drouhgt stress, sun radiations, nutrients deficiency and the other plant damage. This preparations should help plant under stressful conditions to provide assistance to overcome this period in better shape, with less damage and loss on yield and quality.

Definitely the best yield indicators reached preparation Terra - sorb komplex. Application of Terra - sorb komplex positively impacted not only the yield of the bulbs, but also the most important parameter, which is for farmers the bulb yield recalculated to 16% of the sugar content. This result was reached in both years with cooperation of quality parameters. This variant reached 105.73 t.ha⁻¹. It represents an increase in the yield in comparison with the control variant of 6.8 t.ha⁻¹, relatively of 6.43 %. At the purchase price of sugar beet 700 CZK.t⁻¹ this means an increase from one hectare 4 442 CZK. The second highest yield was achieved by the variant treated with Lignohumate Activator. The yield of beets converted to 16% sugar content was 104.52 t.ha⁻¹. It is an increase of 5.59 t.ha⁻¹, relatively 5.35%. The application of this product mean an increase in revenues from one hectare 3,422.5 CZK.

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

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Cukrová řepa	10
3.1.1 Morfologie cukrové řepy	11
3.1.2 Technologická jakost	13
3.1.3 Chemické složení cukrové řepy	16
3.2 Faktory ovlivňující kvalitu cukrové řepy	18
3.2.1 Klima	19
3.2.2 Odrůda	19
3.2.3 Vliv půdních podmínek	20
3.3 Výživa a hnojení cukrové řepy.....	20
3.3.1 Příjem živin rostlinami.....	20
3.4 Biologicky aktivní látky	25
3.5 Přehled pomocných přípravků registrovaných v České republice.....	26
3.6 Fytohormony	28
3.6.1 Mechanismus působení fytohormonů.....	28
3.6.2 Klasifikace fytohormonů	29
3.7 Stres rostlin	35
3.7.1 Stres cukrové řepy	35
4 Materiál a metody	40
4.1 Charakteristika pokusného stanoviště	40
4.2 Přehled pracovních operací.....	41
4.3 Metodika pokusů.....	41
4.3.1 Ošetření porostu	41
4.3.2 Varianty pokusu	42
4.3.3 Sklizeň a vyhodnocení pokusu	43
4.4 Charakteristika odrůdy BTS 710	44
4.5 Charakteristika odrůdy Aviso	44

4.6	Charakteristika použitých přípravků	45
4.6.1	Charakteristika přípravků Terra - sorb foliar a Terra - sorb komplex	45
4.6.2	Charakteristika přípravku Blackjak	46
4.6.3	Charakteristika přípravků Lignohumát Max a Lignohumát Aktivátor	47
5	Výsledky	49
5.1	Vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy	49
5.2	Ekonomické vyhodnocení efektivity aplikace biologicky aktivních látek	57
6	Diskuze	58
7	Závěr.....	60
8	Seznam literatury	62

1 Úvod

Cukrovka patří mezi tradiční plodiny pěstované v ČR. Cukrová řepa je plodina, u níž se během let výrazně změnila pěstitelská technologie. Řepa byla původně velmi náročná na ruční práci. Sela se víceklíčková semena hustým výsevem. Následně se plochy musely ručně okopávat a jednotlivé rostliny vyjednotit. Víceklíčková semena později nahradila semena geneticky jednoklíčkových odrůd a osivo se ukládalo do země pomocí přesných secích strojů na konečnou vzdálenost. Těmito inovativními postupy zcela odpadla potřeba ruční práce (Rybáček et al. 1985).

Cukrová řepa se za posledních 20 let proměnila z plodiny nížinných oblastí na speciální plodinu. Její využití nespočívá již jen ve výrobě cukru, ale vyrostly zde také zcela nové směry jejího využití. Ve velké míře se zpracovává na výrobu bioethanolu a nově také při výrobě bioplynu v bioplynových stanicích. Pěstování cukrové řepy je soustředěno převážně do oblastí, kde zůstaly provozovány cukrovary a další zpracovatelské závody. Pěstování cukrovky se v současné době věnuje pouze vymezený okruh cca 800 pěstitelů (Chochola et al. 2010).

Kampaň roku 2017/2018 probíhala v České republice celkem v 7 cukrovarech. Celkem bylo zpracováno 4,654 mil. tun řepy. Z toho 3,728 mil. tun řepy bylo zpracováno k produkci cukru, které byly sklizeny z 67 485 ha. V ČR bylo vyrobeno přes 649 000 tun bílého cukru. S tímto vyrobeným množstvím veškerého bílého cukru, patří Česko na sedmé místo největších výrobců cukru EU. Současně se také řadí mezi největší exportéry (Gebler et al. 2018). 1. října roku 2017 skončil režim SOT – Společná organizace trhu s cukrem, která výrobcům cukru v Evropské unii diktovala, kolik cukru smějí ročně vyrobit a jak mají naložit s jeho případným přebytkem. Kvóty v Evropské unii platily po dobu bezmála padesáti let a České republiky se začaly týkat dnem jejího vstupu do Evropské unie roku 2004. Nyní tedy mohou cukrovary produkovat množství cukru bez jakéhokoli omezení a limitů. Ukončení kvót dále přineslo ukončení minimálních cen řepy a referenční ceny cukru. Vývoz cukru bude možný v libovolné výši, ale na druhé straně dovozní režimy zůstanou zachovány (Trnková & Froněk 2017).

Cukrová řepa je také velmi významnou předplodinou v rámci střídání plodin v osevním postupu. Hluboce prokořeňuje půdu a její velké množství posklizňových zbytků pozitivně ovlivňuje úrodnost půdy. Je ovšem plodinou velmi náročnou na výživu. Je tedy třeba dbát na přirozenou úrodnost půd a pečovat o ni, protože krátkodobý nedostatek živin na dobře živinami zásobených půdách se neprojevuje tak citelně, jako na půdách bez přirozené úrodnosti (Jůzl et al. 2000). Vedle základního hnojení se v systémech, kde je řepa pěstována, jako výrazného intenzifikačního faktoru stále častěji využívá i skupina tzv. pomocných látek nebo stimulátorů růstu. Stimulátory růstu na různých bázích účinku jsou již několik let nezbytnou součástí v pěstování speciálních plodin, zejména ovoce a zeleniny. V posledních letech ale také čím dál více nacházejí uplatnění také v polních podmínkách, tedy i v systémech pěstování cukrové řepy (Kuthan 2013).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

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

Dalším cílem práce je vyhodnocení ekonomické efektivity aplikace.

Vědecká hypotéza:

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.

3 Literární rešerše

3.1 Cukrová řepa

Nejstarší forma řepy pochází nejspíše ze Sicílie a její objevení je datováno do 2. tisíciletí před naším letopočtem. Nejprve byla zahradní plodinou a později byla v Římě a antickém Řecku využívána i pro léčebné účely (Jůzl et al. 2000).

Cukrová řepa patří do čeledi merlíkovitých a nosí řadu jejích specifických vlastností. Vytváří větší počet kruhů cévních svazků v křovém kořeni a v osním nadzemním stonku. Z botanického hlediska je cukrovka mnohaletá opakovaně plodící bylina. Vytváří jednu plodící stonky, které po dozrání semen odumírají. Z dalších spících pupenů na hlavě bulvy se v dalším roce mohou vytvořit nové stonky. Z hospodářského hlediska se ovšem řepa využívá jen první dva roky. Proto je také považována za dvouletou rostlinu (agrobiologie.cz). V prvním roce tvoří přízemní růžici listů a bulvu, ze které je získáván cukr. Ve druhém roce vytváří květní lodyhu, na které se vytvářejí semena (Pulkrábek & Šroller 1993).

Cukrová řepa patří mezinárodně mezi 15 nejvýznamnějších plodin a bezpochyby je nejproduktivnější rostlinou mírného pásma. K tomuto ji dopomáhají současné geneticky jednoduškové odrůdy a intenzivní pěstitelské technologie. Inovativní postupy v pěstování cukrové řepy zapříčinily více než desetinásobný nárůst výnosu cukru, než tomu bylo před 170 lety (Pulkrábek et al. 2007). U současných odrůd cukrovky dosahuje využitelný produkční potenciál výnosu kořene přes 90 tun z hektaru. Výnos polarizačního cukru se pohybuje kolem 17 tun z jednoho hektaru. Pokud má řepa vysokou technologickou kvalitu, z jednoho hektaru můžeme získat i přes 15 tun bílého cukru (Pulkrábek et al. 2000).

Cukrovka je stále pěstována primárně jako surovina pro získávání cukru, ale v poslední době se intenzivně rozvíjí i její alternativní využití pro výrobu technického lihu. Z jednoho hektaru cukrovky lze vyrobit 7 000 - 7 500 litrů lihu (Pulkrábek et al. 2007).

Řepa jako obecný název byla dlouho používána souhrnně pro kořenové a bulevnaté rostliny. Jako potravina u nás nabývala významu především v obdobích potravinových nouzí. Jinak příliš ceněna nebyla (Švachula et al. 2004). Než byla doceněna pro svůj obsah cukru, byla využívána i jako krmivo pro zvířata. První cukr z řepy byl experimentálně získán již v roce 1747 v Německu chemikem Andreasem Marggrafem (Yamane 2016). Právě ze sousedního Německa se k nám řepa také původně dostala. Byla to tzv. řepa burgundská neboli také zvaná řepa tlustá. Větší rozmach a zájem o výrobu cukru vyvolala Napoleonova kontinentální blokáda roku 1806. Ta znemožňovala dovoz třtinového cukru z jiných částí Evropy. To mělo za následek prudký nárůst cen cukru v Rakousko-Uhersku a i ve zbytku celé Evropy. Podnítila se tím tak snaha o výrobu cukru z domácích surovin jako byla řepa, ale třeba i javor. První řepný cukr byl v Čechách vyroben roku 1810, na Moravě až roku 1829. První pokusy o výrobu cukru z řepného sirobu u nás proběhly již na sklonku 17. století ve zbraslavské rafinerii třtinového cukru. Po uvolnění blokády cukrovarnictví postupně upadalo a k oživení řepného průmyslu tak došlo až na počátku 30. let (Švachula et al. 2004).

3.1.1 Morfologie cukrové řepy

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

3.1.1.1 Bulva

Bulva cukrovky je ústředním orgánem celé rostliny. Je to díky jejímu postavení mezi kořenovou soustavou a nadzemními orgány, ale také proto, že je nositelem pupenů, z nichž se vytvářejí nadzemní stonky, a meristém v kořenových rýhách, ze kterého se vytvářejí postranní kořeny. Bulva je zásobním orgánem a křižovatkou všech vodivých cest, které spojují kořenovou soustavu se soustavou nadzemní. Morfologicky je to účelově pozměněný a sdružený orgán, který vzniká postupnou přestavbou a tloustnutím tří původních samostatných orgánů, které nacházíme u klíčící rostliny. Jedná se o část kořene (radix) a nadděložní a podděložní části stonku (epikotyl a hypokotyl) (Rybáček et al. 1985).

Anatomická stavba bulev

Prvotní stavba

Povrch mladých kořenů je tvořen prvotní kůrou a uvnitř kořene je ústřední válec. U prvotní kůry rozlišujeme vrchní vrstvu (exodermis), která vytváří kutinizovanou pokožku. Hluběji položená část kůry má vnitřní vrstvu (endodermis). Ta je složena z okrouhlých parenchymatických buněk s tenkými stěnami. Mezi buňkami jsou mezibuněčné prostory. Na obvodu centrálního válce je vrstva kambiálních buněk. Jejich činností vzniká prvotní lýko a prvotní dřevo, ve kterém se vytvářejí první cévy.

Druhotná stavba

Druhotným tloustnutím kořene vznikají druhotná (sekundární) pletiva. Na začátku druhotného tloustnutí zesiluje činnost kambia, které vytváří kambiální kruh. Tento kambiální kruh svou činností tvoří směrem do středu kruhu druhotné dřevo a vně druhotné lýko. Současně vznikají v druhotném dřevu i lýku radiálně položené vrstvičky parenchymu. Činností kambia a perikambia se vytváří i druhotná kůra (periderm). Prvotní kůra odumírá, smršťuje se a odlupuje se.

Terciární a další stavba

Terciární a další tloustnutí kořene souvisí s tvorbou druhého a dalších kambiálních kruhů. Vznikají rozdělením iniciály předchozího kambia na dvě dceřiné buňky, z nichž vnější se stává iniciálou kambiálního kruhu. Dělením vytváří floém, xylém a parenchym (agrobiologie.cz).

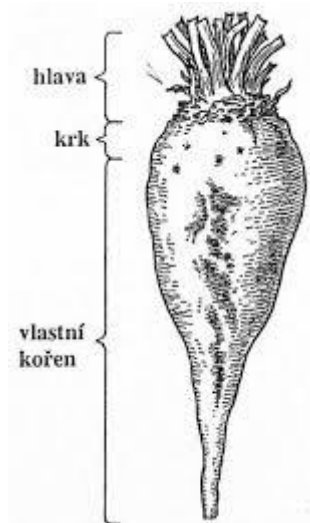
Bulvu cukrové řepy rozdělujeme na 3 části:

a) Hlava (epikotyl) – část bulvy, ze které vyrůstají listy a vegetační vrcholy. Tvoří asi 4 % hmotnosti bulvy. Obsahuje nejméně cukru a nejvíce škodlivých necukrů.

b) Krk (hypokotyl) – tvoří přechod mezi hlavou a vlastním kořenem. Na této části se nenacházejí listy ani vlásečnicové kořínky. Zaujímá 6 % hmotnosti bulvy (Bretschneider 1980). U vyspělejších bulev je stavba krku složitější. Prolínají se v něm cévní svazky vycházející z řapíků listů, které směřují do kořenové části bulvy. Prolínání je způsobeno tím, že druhotné a každé následující tloušťnutí probíhá při povrchu bulvy, ale nové listy se zakládají ve středu listové růžice (Rybáček et al. 1985).

c) Vlastní kořen (radix) – je vřetenovitěho a mírně zploštělého tvaru se dvěma protilehlými podélnými rýhami, ze kterých vyrůstají vlásečnicové kořínky. Kořen cukrovky se směrem dolů zužuje a vytváří tzv. ocásek, který proniká hluboko do půdy a slouží k čerpání vody (Bretschneider 1980).

Obrázek 1: Části řepné bulvy (Jůzl & Elzner 2014)



3.1.1.2 Listy

Rostlina řepy vytváří v průměru 44 až 55 listů. V době sklizně má 22 - 30 zelených listů. Průměrná délka růstu a činnosti jednotlivých listů je u první desítky listů asi 60 dní, u druhé a třetí asi 80 až 95 dní a u čtvrté desítky 55 - 60 dní (agrobiologie.cz).

U listů cukrovky je velmi zřetelně odlišena čepel listu a řapík. Obě části listu jsou spojeny průběžně probíhajícími cévními svazky. Čepel je především transpirující a fotosyntetický orgán, řapík pak plní funkci vodivého a zásobního orgánu. Čepel listu je na obou stranách chráněna jednovrstevnou pokožkou. Pokožka má na rubové vrstvě více

průduchů než na straně lící. O počtu průduchů rozhoduje stáří listů a vlastnosti jednotlivých odrůd. Obecně mají mladší listy více průduchů než listy starší a listy výkonnějších odrůd mají také větší počet průduchů než odrůdy méně výkonné. To naznačuje přímý vztah mezi výkonností odrůd a transpirací. Mezi lící a rubovou vrstvou pokožky listové čepele je diferencovaný mezofyl. K lící pokožce listu přiléhá palisádový parenchym. Jeho buňky obsahují chlorofyl, který umožňuje fotosyntetickou asimilaci, Pod palisádovým parenchymem je uložen houbový parenchym. Jeho buňky jsou kulovitěho tvaru a vytváří četné mezibuněčné prostory, které jsou spojeny mezi sebou navzájem, ale i s průduchy.

V činnosti listů se promítá mnoho fyziologických pochodů, z nichž zvláště vyniká fotosyntéza, dýchání a transpirace vody. Při nedostatku vody rostliny zužují štěrbiny průduchů nebo je úplně zavírají. Tím je znemožněn dostatečný příjem oxidu uhličitého a blokuje se tak fotosyntéza. Pro rostlinu je důležité snížit intenzitu transpirace. Transpirační proud se pohybuje dřevní částí cévních svazků od kořene k listům. Asimilační proud postupuje protichůdně proti transpiračnímu proudu a jsou jím přesouvány vytvořené organické látky lýkovou částí cévních svazků z listů do bulvy a kořenů. V transpiračním proudu si rostlina z 1 000 g vody zadržuje asi 10 g, z čehož jsou 1 - 2 g chemicky vázány a 8 - 9 g je chemicky nevázáno. Zbylých 990 g vody se označuje jako voda tranzitní a rostlinou je vydávána do ovzduší ve formě vodní páry z povrchu nadzemních orgánů, zejména listů, tedy transpirací. Intenzita transpirace je ovlivněna teplotou, světlem, vzdušnou vlhkostí, pohybem vzduchu ale i vzdušnými exhaláty, jako je popílek, kouřové plyny atd. Z půdních činitelů je nejdůležitější především půdní vlhkost, ale i toxické látky obsažené v půdním roztoku.

Fotosyntéza je nejvíce ovlivňována teplotou, světlem, obsahem oxidu uhličitého ve vzduchu, vlhkostí půdy a ovzduší a dostupností minerálních živin. Z vnitřních faktorů to jsou především vlastnosti chlorofylu, rychlost odvádění vytvořených produktů, morfologické utváření fotosyntetizujících orgánů, rozložení a stáří listů. Intenzita fotosyntézy také závisí na morfologickém uspořádání fotosyntetického aparátu listových čepelí, zejména na mohutnosti a utváření palisádového a houbového parenchymu počtu a velikosti průduchů, velikosti buněk aj.

Maximálního výnosu cukru lze dosáhnout při nejvhodnějším poměru fotosyntézy a respirací, při intenzivní výměně plynů, vodní rovnováze a optimální výživě rostliny. Nejvýhodnějšího poměru fotosyntézy a dýchání lze dosáhnout při intenzitě dýchání odpovídající podmínkám pro vysokou intenzitu fotosyntézy (Rybáček et al. 1985).

3.1.2 Technologická jakost

Technologická jakost cukrové řepy a její výnos se utváří v průběhu celého vegetačního období na poli. Jakost je dána souhrnem faktorů, které značně ovlivňují její zpracování a jsou důležité pro celkovou výtěžnost cukru (Draycott & Christenson 2003).

Technologická jakost cukrovky je komplex biologických, chemických, fyzikálně chemických a mechanických vlastností bulvy (Jůzl et al. 2000). Kvalitu cukrovky nemůžeme vyjádřit jednou kvantitativní číselnou hodnotou. Je to kombinace všech chemických a fyzikálních faktorů řepné bulvy, které ovlivňují výnos cukru nebo dalších produktů (Oldfield 1974). Není to tedy jen záležitostí cukernatosti a chemického složení (Jůzl et al. 2000). Obsah sušiny a jednotlivých složek kořenů a listů cukrové řepy je z velké části ovlivněn hnojením, klimatickými a půdními podmínkami, kultivačními ošetřeními a genetickými znaky kultivarů (Grzegorzewski 2017).

Z biologických znaků jsou to hlavně tvar, velikost a hmotnost bulvy, její technologická vyzrálost, zdravotní stav a rezistence vůči skládkovým chorobám (Hřivna et al. 2012). Sklizená bulva má být zdravá a mechanicky nepoškozená. Neměla by vykazovat ani jiná poškození škůdci či chorobami. Má být zbavena listové růžice hladkým a rovným seřezem těsně pod listovými pupeny. Povrch musí být čistý a nepoškozený. Nesmí být scvrklý ani po delším uložení na skládce. Tvar bulvy je ideálně kuželovitý až vřetenovitý, s nerozvětveným a nepřetrženým kořenem (Rybáček et al. 1985). Pro posouzení fyzikálních vlastností kořenů, jako je pružnost, vyluhovatelnost a lisovatelnost, nejsou k dispozici žádná kvantitativní kritéria (Hoffmann 2010). Na veškeré tyto technologické parametry cukrovky působí řada vlivů, které ovlivňují její konečné zpracování. Je to především vliv prostředí, půdy, odrůdy, povětrnostních podmínek, setí, vnějších činitelů (choroby, škůdci, plevele) a v neposlední řadě také hnojení, protože cukrovka je plodinou, která umí živiny dobře využít (Pulkrábek et al. 2011).

Z fyzikálně - chemických vlastností je to především pH a turgor šťávy.

Z vlastností chemických je nejdůležitější obsah sacharózy a obsah necukrů, zejména solí sodných a draselných, dusíkatých látek (amidů a volných aminokyselin) a redukujících cukrů (Hřivna et al. 2012).

Látky obsažené ve sklizených bulvách cukrovky rozdělujeme z chemicko - technologického hlediska na dřev a řepnou šťávu (Rybáček et al. 1985).

Řepná dřev

Řepná dřev tvoří přibližně 6 % obsahu bulvy. Obsahuje celulózu, pentózany a pektinové látky (Jůzl et al. 2000). Pektinové látky jsou nejškodlivější složkou cukrové řepy. Při difúzi mohou přecházet do roztoku a při filtraci šťáv způsobovat potíže. Základem pektinů je kyselina polygalakturonová, která vzniká při zahřívání řepné šťávy a společně s vápenatými ionty tvoří pektát vápenatý (Pelikán et al. 1999). Celulóza, pentózany a pektinové látky tvoří dřev přibližně ze 70 - 90 % a jsou ve dřevu zastoupeny ve srovnatelných poměrech. Dalšími látkami, které dřev obsahuje, jsou rostlinné bílkoviny, lignin, stopová množství organických látek a ve vodě nerozpustné organické kyseliny (Jůzl et al. 2000). Mezi obsahem dřevě ve sklizené bulvě a její cukernatostí je přímá kladná závislost. Na obsahu dřevě také závisí množství vyslazených řízků, které zbývají po zpracování cukrové řepy (Rybáček et al. 1985).

Řepná šťáva

Sklizené bulvy obsahují kolem 76 % vody a asi 18 % ve vodě rozpustných látek. 87 % z nich tvoří sacharóza. Všechny ostatní rozpuštěné látky se souhrnně označují jako necukry. Složení řepné šťávy se určuje analýzou šťávy vylisované z řepné kaše.

Pro celkové hodnocení technologické jakosti cukrovky je nejdůležitější obsah sacharózy. Obsah sacharózy se nazývá cukernatost řepy a vyjadřuje se v procentech hmotnosti sklizených bulv. Dalším významným ukazatelem kvality je kvocient čistoty řepné šťávy, který se vyjadřuje rovněž v hmotnostních procentech a udává celkový podíl sacharózy v celkové sušině řepné šťávy (Rybáček et al. 1985).

Obsah řepné šťávy:

Sacharidy

Sacharidy tvoří podstatnou část sušiny řepné šťávy. Nejdůležitějším cukrem je disacharid sacharóza. Pro něj je také řepa pěstována (Pelikán et al. 1999). Ve sklizených bulvách se obsah sacharózy pohybuje nejčastěji v rozmezí 15 – 18 %, ale může se vyšplhat až na 20 – 22 %. Obsah sacharózy závisí na používané agrotechnice, pěstované odrůdě a na klimatických podmínkách během vegetace (Rybáček et al. 1985). Sacharóza se skládá z molekul glukózy a fruktózy. Je opticky aktivní a otáčí rovinu polarizovaného světla doprava o $+66,54^\circ$, což se využívá při jejím analytickém stanovení. Sacharóza je ve vodě dobře rozpustná a její rozpustnost je přímo úměrná teplotě. Dále sacharóza dobře difunduje polopropustnou buněčnou blánou, čehož se využívá při jejím získávání z řepných řízků (Pelikán et al. 1999).

Dalším významným sacharidem je invertní cukr. Je to směs glukózy a fruktózy. Ve vyzrálé, zdravé a čerstvé řepě se nachází ve velmi malých koncentracích (0,05 – 0,2 %). Tento obsah se však může měnit v závislosti na podmínkách a době uskladnění. Obsah je také závislý na správném seříznutí řepy, protože hlava bulvy obsahuje vyšší obsah invertního cukru. Invertní cukr stáčí rovinu polarizovaného světla doleva, čímž ovlivňuje polarimetrické stanovení cukernatosti cukrovky. Invert také snadno podléhá alkoholickému a mléčnému kvašení, podílí se na vzniku barevných složek a zvyšuje obsah necukrů v melase.

V malém množství se v řepě nachází také trisacharid rafinóza. Je tvořen fruktózou a melibiózou. Zahřátím tvoří směs galaktózy, glukózy a fruktózy. Rovinu polarizovaného světla otáčí silně doprava o $123,01^\circ$ a tím tak zvyšuje hodnotu polarizace při hodnocení cukernatosti řepy (Pelikán et al. 1999).

Doprovodné látky

Z hlediska technologické jakosti cukrovky jsou zajímavé především doprovodné látky, které při extrakci sacharózy přecházejí do surové šťávy, snižují tak její čistotu, zvyšují množství melasy a negativně tím ovlivňují celkovou výtěžnost cukru (Rybáček et al., 1985).

3.1.3 Chemické složení cukrové řepy

Cukrová řepa je primárně složena ze tří základních makroprvků, a to uhlíku, kyslíku a vodíku. Z těchto základních prvků se dále syntetizují aminokyseliny, sacharidy, organické kyseliny, lipidy, bílkoviny a další sloučeniny. Cukrovka obsahuje i další prvky, které jsou nezbytné pro průběh biochemických reakcí nebo jsou součástí strukturálních tkání (Draycott et al. 2003).

Z parametrů chemického složení je nejdůležitější cukernatost. Veškerý cukr v řepě představuje biologický výnos cukru nebo výnos polarizačního cukru, který se ovšem nedá při výrobě cukru plně vytěžit. Některé látky obsažené v bulvě řepy výtěžnost snižují a jsou příčinou vyšší produkce melasy. Melasa je cukerný sirob, z kterého již nejde běžnými procesy cukr vykrytalizovat. Mezi melasotvorné látky stanovovaných v cukrovarech patří sodík a draslík. Obsahy sodíku a draslíku se vyjadřují v mmol.100 g⁻¹ řepy a běžné obsahy jsou u Na 0,5 – 2,0 mmol.100 g⁻¹ a 3,0 – 5,0 mmol.100 g⁻¹ u K. Dalším stanovovaným prvkem je alfa – amino dusík. Také se vyjadřuje v mmol.100 g⁻¹ s běžným obsahem 1,0 – 2,0. Obsahy draslíku, sodíku a alfa – amino dusíku jsou v cukrové řepě nežádoucí a celkově se obsahy všech těchto prvků označují jako popeloviny. Výnos polarizačního cukru mohou snížit o 10 až 20 %. Takto ztracený cukr zůstává v melase (Chochola 2010).

3.1.3.1 Organické necukry dusíkaté

Bílkoviny

Bílkoviny se podílí na výstavbě rostlinných buněk. Jsou pevně vázány na dřev a při lisování přecházejí jen z části do řepné šťávy (Rybáček et al. 1985). V procesu difúze se do řepné šťávy uvolňuje pouze 15 % bílkovin. Bílkoviny jsou globulárního charakteru, rozpustné ve vodných roztocích solí.

Aminokyseliny a amidy

V řepných bulvách se nachází ve formách volných alfa - aminokyselin a jejich amidů. Jejich dusík přechází při difúzi do řepné šťávy a je součástí tzv. škodlivého dusíku. Při následné epuraci šťávy se odstraní pouze část amidů a aminokyselin. V cukrovareckých šťávách zvyšují podíl melasotvorných látek a tím i vyšší produkci melasy. Čím vyšší množství dusíku řepa obsahuje, tím nižší má technologickou jakost (Pelikán et al. 1999).

Organické a purinové zásady

Do této skupiny zařazujeme betain, cholin a purinové zásady.

Betain je v řepě obsažen přibližně v 0,15 - 0,20 %. Ve vodě je betain velmi lehce rozpustnou látkou a je velmi odolný proti působení kyselin a zásad. Celou výrobou cukru prochází v nedotčené formě a hromadí se v melase, čímž tak zvyšuje její produkci.

Cholin je prakticky alkohol odvozený od betainu (Rybáček et al. 1985). Rozkladným produktem cholinu je trimethylamin, který má charakteristický zápach (Pelikán et al. 1999).

Enzymy

Podle chemického složení patří k bílkovinám. Jsou součástí buněk a působí jako biologické katalyzátory látkové přeměny (Rybáček et al. 1985). Enzymy se účastní řady katalytických procesů, především při skladování řepy a difúzi. Při teplotách okolo 80 °C se inaktivují. K nejvýznamnějším enzymům obsažených v cukrovce patří především invertasa, oxidasy a katalasy. Invertasa rozkládá sacharózu na glukózu a fruktózu. Jeho aktivita stoupá se vzrůstající teplotou. Vysokou aktivitu tohoto enzymu vykazují pletiva namrzlá, mechanicky poškozená, případně zavadlá (Pelikán et al. 1999).

3.1.3.2 Organické necukry bezdusíkaté

Organické kyseliny

V řepě jsou přítomny většinou jako draselné a sodné soli. Pouze menší část jako volné kyseliny, které způsobují, že řepná šťáva je slabě kyselá. Kyseliny a jejich soli působí jako tlumivé roztoky a udržují stálé pH nutné pro správnou funkci buněk a pletiv. Reakce řepné šťávy se pohybuje v úzkém rozmezí pH 6,2 – 6,6 (Rybáček et al. 1985).

Tuky a saponiny

Obsah tuků a saponinů je v cukrovce nízký a pohybuje se v množství 0,1 – 0,5 %. Soli saponinu jsou ve vodě dobře rozpustné a tvoří koloidní silně pěnicí roztoky. To je negativním projevem při saturaci. Saponiny jsou navíc toxické a musí být odstraněny z odpadních vod.

Barviva

Vznikají ve sladkých řízcích a difúzní šťávě enzymatickou činností - oxidací vzdušným kyslíkem nebo autooxidací fenolických sloučenin. Vznik barviv je u zpracování cukrovky spojen s rozkladem cukru a s poklesem pH. Barevné látky rozlišujeme podle vzniku. Vzniklé enzymatickou oxidací polyfenolů - melaniny, destrukcí cukrů za zvýšené teploty - karamely, látky vzniklé reakcí redukujících cukrů s N-látkami - melanoidiny, reakcí polyfenolů s Fe - Fe komplexy (Pelikán et al. 1999).

3.1.3.3 Anorganické necukry

Jedním z nejdůležitějších kvalitativních ukazatelů cukrovky je obsah popelovin, a proto se obsahu těchto látek věnuje zvýšená pozornost od nepaměti. Bulva cukrovky vykazuje vždy vyšší procentuální obsah popela než šťáva z ní vylisovaná. V řepné dřeni jsou pevně vázány některé anorganické látky. Jedná se především o vápenaté a hořečnaté ionty vázané na pektin. Obecně platí nepřilíš těsná nepřímá korelace mezi cukernatostí a obsahem popela v cukrovce. Nejvýznamnějšími minerálními látkami jsou ty látky, které při extrakci cukru přecházejí do šťávy a tvoří tzv. rozpustný popel. Tvoří jej draselné a sodné soli organických kyselin a cukrovka jich obsahuje 0,4 – 0,6 %. Tyto látky se během zpracování řepy v cukrovaru nedají odstranit a přechází tak do melasy, která jich obsahuje 9 – 10 %. V melase připadá na jeden díl popela 4,5 – 5,5 dílu sacharózy. Do vzorců na odhad výtěžnosti se ještě započítává obsah alfa – aminodusíku. Obsah těchto škodlivých látek se stanovuje konduktometricky (Rybáček et al. 1985).

Tabulka 1: Procentuální obsah popelovin v cukrové řepě (Pelikán et al. 1999)

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

Obsah popelovin je cukrovarem při výkupu zjišťován a podle výsledných hodnot se dále odvíjí výsledná výkupní cena (Chochola 2010).

3.2 Faktory ovlivňující kvalitu cukrové řepy

Kvalita cukrové řepy je ovlivňována mnoha environmentálními, agronomickými a odrůdovými faktory. O tom, který z vlivů má na kvalitativní parametry cukrovky největší vliv, se vedou neustálé diskuze (Cooke & Scott 1993).

3.2.1 Klima

Díky novým postupům při pěstování cukrovky má počasí poněkud snižující vliv na výnos. Je to především díky využití výkonnějších odrůd, zařazováním cukrovky pouze na nejúrodnější stanoviště a intenzivním pěstitelským technologiím. Počasí ale i nadále zůstává jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňující výnos i kvalitu. Dle různých autorů se počasí podílí na výnosu z 15 – 20 %, výjimečně až 30 % (Pulkrábek et al. 2008). Základem pro růst cukrovky je světlo, teplo a voda. Tím, že je cukrová řepa rostlinou dlouhého dne a vegetační doba trvá 180 – 200 dní, potřebuje během svého vegetačního období přibližně 1 400 hodin slunečního svitu (Bretschneider 1969). Průměrná teplota vzduchu by měla být v rozmezí 8 až 9 °C (Pulkrábek & Šroller 1993). Dále je cukrovka plodinou velmi náročnou na množství vody. Citlivou na nedostatek vláhy je především v červenci a srpnu, kdy jsou nejvyšší teploty (Minx & Diviš 1994). Zpočátku vegetace nejsou nároky na srážky vysoké. Jejich potřeba narůstá přibližně od poloviny června (Potop & Türkott 2011). Při dostatku vláhy na podzim se zvyšuje výnos bulev, ale zhoršuje se jejich jakost (Minx & Diviš 1994). Celková potřeba srážek během vegetace se pohybuje v rozmezí 300 - 410 mm (Potop & Türkott 2011).

3.2.2 Odrůda

Osivo cukrové řepy prodělalo v posledních desetiletích obrovský vývoj. Dnes jsou samozřejmostí geneticky jednoklíčkové odrůdy s klíčivostí nad 95 %. Odrůdy jsou charakteristické také vysokou energií klíčení. Proto dnešní osiva vzchází zpravidla do deseti dnů.

Výnosový potenciál moderních odrůd zpravidla překračuje 18 tun bílého cukru z hektaru a nadále s novými odrůdami roste o 1,5 – 2 % ročně. Nové odrůdy jsou tak bezesporu nejdůležitějším zdrojem růstu výnosového potenciálu cukrovky. Další důležitou vlastností odrůd je technická jakost. Aby bulva měla mělkou kořenovou rýhu, malou hlavu a byla dobře skladovatelná a samozřejmě aby měla i vysokou technologickou jakost (Chochola 2010).

Odrůdy cukrovky zařazujeme do tří základních typů:

- odrůdy výnosového typu (V-typ), ty dosahují vyššího výnosu kořene a nižší cukernatosti (16 - 17 %),,
- odrůdy normálního typu (N-typ), poskytují střední až vyšší výnosy bulev se střední cukernatostí a výtěžností rafinády
- odrůdy cukernatého typu (C-typ), mají nižší výnosy kořene, ale vysokou cukernatost (17 - 18 i více %) a výtěžnost rafinády (Pulkrábek et al. 2007).

3.2.3 Vliv půdních podmínek

Kvalitní půda, kde je pěstována cukrová řepa, má mít optimální strukturu a pórovitost, nízkou objemovou hmotnost (pod $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$) a nízký penetrační odpor půdy (max. 3,5 MPa), příznivý vzdušný a vodní režim, neutrální až slabě alkalickou reakci s hodnotami pH 6,8 až 7,3. Obsah kvalitního humusu nejlépe nad 2,5 %. Těchto optimálních hodnot půdy dosahují v řepářských výrobních oblastech (Jůzl et al. 2000). V ohledu zrnitosti jsou pro řepu nejlepší půdy hlinité a jílovitohlinité. Úspěšně se řepa pěstuje rovněž na půdách písčitých nebo jílovitých. Důležitá je také hloubka půdy. Pro svůj optimální růst potřebuje půdy hluboké, které při správné agrotechnice zabezpečí řepě optimální množství vody a živin během celé vegetace (Benc & Lapár 1960).

3.3 Výživa a hnojení cukrové řepy

Hnojení cukrové řepy je věda aplikovaná v praxi. Je zde třeba umět porozumět faktorům, které se týkají účinnosti používání hnojiv a tím tak ekonomické rentabilitě hnojení. Je to především vhodné načasování a rychlost aplikace hnojiv. Interakce těchto faktorů řízení aplikace hnojiv s různými agroekologickými oblastmi a různými druhy půd vedou k různým doporučením pro různé živiny dle jednotlivé lokality. S dalšími omezeními při aplikaci živin se ve většině zemích setkáváme v ohledu na životní prostředí, které aplikace hnojiv nesmí poškodit (Hergert 2010).

Nejvíce živin potřebuje cukrová řepa v první polovině vegetace, kdy vytváří listové růžice a kořenový systém. Využití asimilátů pro tvorbu biomasy převládá zhruba do konce června. Od této doby se již zhruba 50 % asimilátů ukládá jako sacharóza a zbylých 50 % slouží k dobudování listové růžice a bulvy (Rybáček et al. 1985). K dosažení vysokých výnosů cukrové řepy je třeba kombinace organických i minerálních hnojiv (Czuba 1993). Forma a dávka hnojiv, ale i jejich načasování aplikace ovlivňují chemické složení rostlin a určují tak technologickou využitelnost bulvy (Kurus 2006). Hnoj dokáže pokrýt potřebu rostlin na mikroelementy, s výjimkou bóru. Dostupnost těchto složek z půdy však může být omezena, i když je jejich půdní obsah optimální. Například v důsledku neoptimálního pH půdy, antagonismu iontů nebo za nepříznivých povětrnostních podmínek (Czuba 1993). V současné době ve stále více pěstebních systémech chybí organická složka hnojiv. Proto je nesmírně důležité správně určit vhodnou úroveň minerálního hnojení a vyvážit poměry živin dle nutričních požadavků rostliny (Wróbel & Domaradzki 2006).

3.3.1 Příjem živin rostlinami

Příjem živin je pojem, pod kterým rozumíme proces postupu živin z vnějšího prostředí do rostliny. Příjem živin je jedním ze základních projevů života rostliny a zahrnuje v sobě především kvalitativní změny, kdy z abiotického materiálu se stává složka buňky, která je schopna dalších asimilačních procesů, jejichž výsledkem je produkce nové hmoty (Ryant).

Rostliny přijímají živiny zejména kořeny, jen malou částí přes listy a převážně ve formě iontů. Předpokládá se, že mechanismy příjmu, které fungují v kořenech, fungují i v listech. Rozdíl je v tom, že při příjmu živin přes listy musí ionty nejprve překonat kutikulu (Hejtník et al. 2007).

Rostliny svými kořeny nepřijímají pouze vodu, ale také celou řadu jiných chemických látek, ze kterých jsou nejdůležitějšími ionty jednoduchých anorganických solí. Nezbytné živiny pro metabolismus rostliny označujeme jako minerální živiny. Minerální výživa rostlin spolu s fotosyntézou představují základní projev autotrofie rostlin. To znamená schopnost utváření vlastního těla z anorganických látek (Procházka et al. 1998).

3.3.1.1 Příjem živin kořeny

Kořeny přijímají rozhodující podíl živin nezbytných pro růst rostlin. Živiny jsou v půdě přítomny v relativně malých koncentracích, které se během vegetace rostliny významně mění. Tato vnější koncentrace živin ovlivňuje jak rychlost příjmu, tak i jejich vnitřní obsah v rostlině. Příjem živiny kořeny se děje v několika krocích. Nejprve minerální látky rozpuštěné ve vodě vstupují do povrchových vrstev kořene, kde pronikají k povrchu buněk pokožky. V této fázi se mohou také volně pohybovat v mezibuněčných prostorech kořene. Nepropustná vrstva buněk, endodermis, dále znemožňuje pasivní pohyb živin. Pasivní vstup živin do vodivých pletiv je totiž omezen pouze na ty části kořene, kde dosud není plně vyvinut endodermis. Živina musí být do buňky přijata aktivně. Aktivní příjem živin je přenos iontů nebo molekul z vnějšího prostředí přes cytoplasmatickou membránu (plasmalemu) do nitra buňky. Tento proces probíhá proti koncentračnímu spádu a je podmíněn spotřebou metabolické energie. V buňce jsou přijaté živiny metabolizovány nebo ukládány do vakuoly. Dále jsou takto přijaté živiny transportovány symplastem napříč kořenem k vodivým pletivům. Xylémem jsou transportovány pasivně na místo potřeby do listů (Haberle et al. 2008).

3.3.1.2 Mimokořenová výživa

Mimokořenovou výživou rostlin rozumíme příjem a využití minerálních, ale i organických látek aplikovaných na jejich nadzemní části ve formě vodných roztoků (Richter & Hřivná 2008).

Mimokořenová aplikace se uplatňuje v praxi především v dodávání mikroživin. Foliární aplikace makroživin představuje vždy jen dočasné řešení příjmu živiny. Aplikované živiny mohou nahradit příjem živin kořeny například při nedostatku vody v půdě (Procházka et al. 1998). Aplikace listové výživy způsobuje hromadění živin v listech, což může mít za následek dočasné snížení příjmu živin z půdy. Naopak důsledkem metabolických změn dochází ke zvýšenému příjmu kořenovým systémem všech ostatních živin (Ryant 2014). Celkové množství živin aplikovaných foliárně tvoří pouze malé zastoupení živin, potřebných k výživě rostliny během celé vegetace (Procházka et al. 1998).

Tento druh výživy nemůže plně nahradit výživu rostlin kořeny, a proto je třeba mimokořenovou výživu chápat jako výživu doplňkovou, která umožňuje v praxi:

- operativní korekci výživného stavu rostlin na základě jejich chemické analýzy nebo podle vizuálních změn na rostlinách,

- reagovat na nepříznivé vnější podmínky (nízká půdní teplota, nevhodné půdní podmínky pro příjem určité živiny, nerozpustná forma živin v půdě aj.),

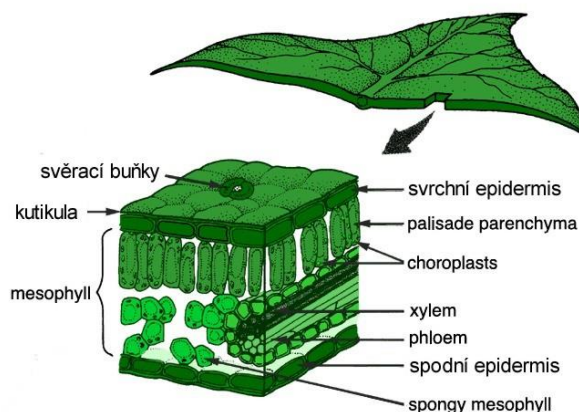
- překonání kritických podmínek v růstu rostlin, a to zvláště při poškození kořenů,

- dodat nezbytné množství mikrobiogenních prvků potřebných pro dosažení předpokládaného výnosu,

- aplikaci živin spojit s ošetřením porostů morforegulátory, herbicidy a pesticidy (Richter & Hřivna 2008).

Mnoha studii bylo potvrzeno, že rostliny ze svého okolí přijímají plyny, vodu a v ní rozpuštěné látky všemi orgány (Wittwer & Teubner 1959). Rostliny mohou živiny přijímat nejen kořeny, ale i všemi nadzemními částmi. Podstata příjmu živin do rostliny je podobná jako u kořenů, má však některé zvláštnosti. Překážkou pro průnik živin listy je kutikula. Mezi jednotlivými druhy rostlin jsou významné rozdíly v utváření kutikuly. Druhy se silnou a neporušenou kutikulou mají nižší předpoklad průniku živin (Vaněk et al. 2016). Kutikula je tvořena několika vrstvami kutinu a vosku. Její houbovitá struktura umožňuje pomalý transport vody a v ní obsažených živin (Procházka et al. 1998). K průniku živin a nízkomolekulárních organických látek kutikulou slouží velké množství pórů o velikosti do 1 nm (Vaněk et al. 2016). Těchto pórů je v kutikule velké množství ($10^{10}/\text{cm}^2$). V bezprostřední blízkosti svěracích buněk průduchů a trichomů je hustota pórů vyšší a liší se i průměrem a propustností látek. Velikost pórů se liší i napříč různých rostlinných druhů (Eichert & Goldbach 2008).

Obrázek 2: Stavba listu



Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/images/prijem_zivin/list.jpg

Propustnost kutikuly také závisí na samotném stáří listu. U mladých, vyvíjejících se listů je povrch kutikuly hydrofilní, zatímco u listů zralých hydrofobní. Hydrofyní póry o velikosti okolo 1 nm jsou dobře propustné pro vodu a malé molekuly. Navíc tyto póry nesou fixní negativní náboj, jehož hustota se zvyšuje směrem k buněčné stěně a usnadňuje tak průchod kationů do volného prostoru listu.

Obecně platí pro vstup sloučenin do listu několik zásad:

- rychlejší je příjem malých molekul ve srovnání s velkými molekulami,
- nenabitě molekuly jsou lépe přijímány než ionty,
- ionty s jedním nábojem jsou přijímány lépe než ionty se 2 nebo 3 náboji,
- kationy vstupují do listu rychleji než aniony (Haberle et al. 2008).

Tabulka 2: Rychlost absorpce jednotlivých živin listy rostlin

Živina	Doba při 50% absorpci
Dusík v močovině	½ až 2 hod.
Hořčík	2-5 hod.
Draslík	10-24 hod.
Vápník, mangan, zinek	1-2 dny
Fosfor	5-10 dnů
Železo, molybden	10-20 dnů

Zdroj:http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/prijem_zivin/prijem_mimokorenovy.htm

Po průniku živin kutikulou se dostávají k buňkám listového mezofylu. Zde se stává příjem živiny aktivním procesem, jako je tomu i v kořenech. Příjem probíhá proti koncentračnímu gradientu za spotřeby metabolické energie a je zprostředkováván specifickými přenašeči bílkovinné povahy, které se nacházejí na cytoplasmatické membráně buněk. Po vstupu do buňky mohou být přijaté živiny ukládány do vakuol nebo ihned metabolizovány (Trčková et al. 2009).

Průběh a rychlost příjmu živin ovlivňují mnohé faktory jako např. vzdušná vlhkost, hygroskopičnost a rozpustnost použitých solí. Dalším významným faktorem je kondice rostliny. Rostlina s deficitem živin přijímá aplikované živiny lépe, než úplně zdravá (Hřivna et al. 2003). Rychlost příjmu iontů v rostlině ovlivňuje také účinnost foliární výživy. Přijaté živiny rostlinou se však vyznačují rozdílnou pohyblivostí. U málo mobilních živin je proto třeba postřiky opakovat nebo je provádět v době, kdy je rostlina nejvíce potřebuje. Řada živin, které jsou pomalu přijímány a v rostlinách jsou relativně nemobilní, mohou být ve formě foliární výživy velmi účinné a mohou preventivně zajistit, případně odstranit, jejich nedostatky. Při mimokořenné výživě lze dosáhnout až 85% účinnosti živin, zatímco při aplikaci hnojiv přes půdu pouze 30 - 60% účinnosti v závislosti na druhu živiny (Ryant 2014).

3.4 Biologicky aktivní látky

Pomocné rostlinné přípravky jsou určeny k použití formou listové aplikace. Tvoří poměrně různorodou skupinu látek a používání těchto přípravků podléhá registraci UKZÚZ a tvoří samostatnou skupinu v Registru hnojiv (Trčková et al. 2009). Pomocné přípravky bývají označovány jako hnojiva pomocná. Rostlině dodávají pouze velmi omezené množství živin. Pomáhají tak zlepšit výživu rostliny úpravou životního prostředí, nikoli samotným dodáním živin (Hluchý 2009). Hnojivo se od pomocných látek liší v množství účinných živin, které jsou pro rostlinu dodávány. Pomocné přípravky rostlině nepřinášejí živiny samotné, ale mohou napomáhat rostlině v jejich příjmu (Richter 2004). Dále ovlivňují metabolismus rostliny. Děje se tak díky foliární aplikaci a vstupem živin do rostliny listy. Rostlina tak dovede využít i živiny, které pro ni byly za určitých podmínek blokovány (Hluchý 2009).

Biologické látky obsahují především látky ovlivňující růst a vývoj nadzemních a podzemních částí rostlin. V současné době je na trhu k dostání široké spektrum biologicky aktivních látek, které obsahují látky nebo mikroorganismy, jejichž úkolem je v rostlině stimulovat přirozené procesy s cílem zvýšit příjem a využití živin (Urban & Pulkrábek 2018). Biostimulátory byly definovány také jako látky, které mají schopnost stimulovat obranný potenciál rostlinného organismu nespecifickým způsobem, a proto mu pomáhají přizpůsobovat se měnícímu se prostředí a lépe a rychleji snášet stresové podmínky (Kováčik et al. 2016). Tyto látky kontrolují dělení buněk, ovlivňují základní životní procesy (dýchání, fotosyntézu, kořenovou výživu, růst, tropismy, kvetení, tvorbu plodů) a regulují fyziologickou a morfológickou 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 (Urban & Pulkrábek 2018). Všeobecně se uvádí, že vyšší účinky stimulatorů růstu se projevují zejména po aplikaci k rostlinám pěstovaným za podmínek, které nebyly pro jejich růst a vývoj optimální. Regulátory růstu přispívají k urychlení poststresové regeneraci rostlin (Pulkrábek et al. 2007). V současné době je k dispozici více jak 400 přírodních či syntetických látek, jež umožňují snížit nežádoucí vlivy způsobené abiotickými či biotickými stresy (Bláha et al. 2010). Jako biologicky aktivní látky, které pozitivně ovlivňují životně důležité funkce rostlin, můžeme uvažovat o mnoha látkách přírodního nebo syntetického původu, např. rostlinné hormony, proteinové látky, aromatické nitrosubstituce, močovina, kyselina salicylová nebo humózní látky apod. (Pačuta et al. 2014).

Biologicky aktivní látky mohou být jak přírodního, tak i syntetického charakteru. V případě synteticky vyrobených auxinů a cytokininů se v laboratorních testech ukázalo, že některé jejich deriváty vykazují vyšší biologickou aktivitu než fytohormony přirozené. Synteticky vyrobené fytohormony se v přírodě nevyskytují. Nejsou to tedy fytohormony, ale označujeme je jako regulátory růstu, zatímco fytohormony označujeme přirozeně se vyskytující rostlinné látky (Urban & Pulkrábek 2018).

U cukrové řepy mají biologicky aktivní látky za úkol zvýšit biologickou hodnotu osiva, regulovat růst a podporovat vývoj během vegetace. Výsledkem by měl být nárůst výnosu bulev a současné zvýšení cukernatosti. Výhodné je v praxi aplikovat pomocné přípravky společně s další listovou výživou, přičemž se stimulační efekt ještě zvyšuje. Další možností je aplikace

společně s herbicidním nebo fungicidním ošetřením. Společná aplikace s herbicidem navíc může napomoci rostlině s překonáním herbicidního stresu (Urban & Pulkrábek 2018). Účinnost aplikace pomocných látek souvisí především s množstvím aplikované dávky a s termínem, kdy jsou regulátory růstu aplikovány (Ball et al. 1999).

3.5 Přehled pomocných přípravků registrovaných v České republice

Sodné soli nitrofenolů

Mezi tyto nízkomolekulární fenolické látky patří například 4-nitrofenolát sodný, 2-nitrofenolát sodný, 2-metoxy-5-nitrofenolát sodný, 5-nitroguajakolát sodný. Tyto látky zpomalují rychlost odbourávání auxinů. Dále ovlivňují proudění plazmy v buňce. V časných fázích vývoje rostliny, ale i v době intenzivního růstu, mohou podporovat diferenciaci a růst kořenů. Výsledkem je zlepšený příjem živin rostlinou, intenzivnější růst a lepší odolnost vůči stresovým podmínkám. Antistresové působení těchto látek bylo prokázáno jako velmi významné (Křepelka 2010).

Deriváty kyseliny benzoové

Přípravky na bázi derivátu kyseliny benzoové obsahují kombinace těchto látek:

- kyselina 2-aminobenzoová (anthranilová) je velmi vzdáleným prekurzorem auxinu;
- kyselina 2-amino-pentandiová (k. glutamová) patří k primárním metabolitům N a tvoří významný podíl v celkovém obsahu volných aminokyselin. Její zvýšená koncentrace v pletivech se podílí na regulaci příjmu minerálního N;
- kyselina 2-hydroxybenzoová (k. salicylová) se podílí na přenosu stresového signálu (hlavně u biotického stresu).

Celkově jsou deriváty kyseliny benzoové stimulanty růstu s protistresovými účinky. Zvyšují kvalitu a výnosy semen, plodů i hlíz kulturních rostlin (Trčková et al. 2009).

Extrakty z mořských řas

Pro přípravu extraktů jsou využívány především hnědé mořské řasy. Obsahují 2 – 4% sušinu, směs alginátů, aminokyselin, stopových prvků a fytohormonů. Obsahují velmi malé množství fyziologicky účinných látek. Doporučená je aplikace v raných fázích růstu. Podporují růst kořenů, což má za následek optimální růst a vývoj rostlin (Trčková et al. 2009).

Huminové látky

Huminové látky patří mezi nejrozšířenější organické sloučeniny v přírodě. Jsou specifickou skupinou vysoce molekulárních, tmavě zbarvených hmot vzniklých v důsledku rozkladu organických zbytků v půdě. Tento proces se nazývá humifikace. Humifikace je syntéza produktů rozkladu a tlení odumřelých rostlinných pletiv a živočišných tkání. Huminové látky obsahují vysoký obsah uhlíku. Množství uhlíku obsaženého v půdě, rašelině či uhlí je téměř čtyřikrát vyšší než obsah uhlíku vázaného v organických látkách všech rostlin a živočichů na zemi (Tugarinov et al. 2008). Huminové látky vzhledem ke své velikosti pravděpodobně vůbec nevstupují do rostlinných pletiv. Při společné aplikaci s nepolárními látkami nebo jednomocnými ionty mírně snižují rychlost jejich příjmu a současně zpomalují vysychání aplikovaného roztoku. Za suchého a teplého počasí tak mohou pozitivně ovlivnit příjem těchto živin (Trčková et al. 2009). Huminové látky plní v půdě akumulární funkci pro vytváření nezbytných zásob živin, regulační funkci pro jejich distribuci v rostlině a chrání rostliny před působením stresových faktorů (Hrabě 2006). Použití huminových sloučenin také zlepšuje vlastnosti půdy (jako je agregace, provzdušnění, propustnost, schopnost zadržovat vodu). Rostlinám pomáhají zvyšovat příjem makro a mikroelementů a zvyšovat propustnost buněk. Dále mají stimulační účinek na dýchání, fotosyntézu, syntézu proteinů a nukleových kyselin. Zvyšují obsah chlorofylu, zvyšují stresovou toleranci, zvyšují aktivitu půdních mikrobiálních populací a hormonální regulaci rostlin (Rassam et al. 2015).

Aminokyseliny

Aminokyseliny jsou základní jednotkou bílkovin. Jsou tvořeny aminoskupinou a karboxylovou skupinou. Aminokyseliny jsou významné při regulaci mnoha procesů souvisejících s genovou expresí. Včetně modulace proteinů, které zprostředkovávají RNA translaci (Scot & Leonard 2006).

Rostliny syntetizují aminokyseliny z uhlíku a kyslíku, které získávají z ovzduší. Vodík získávají z vody obsažené v půdě (Wolf et al. 1998). V rostlinách mají aminokyseliny mnoho významných funkcí. Vedle využití při biosyntéze proteinů představují stavební kameny pro další biosyntetické pochody. Klíčovou roli hrají také během signalizace rostlinných procesů, například při působení stresových podmínek (Hildebrandt et al. 2015). Při tvorbě aminokyselin se spotřebovává mnoho energie. Při stresových podmínkách je energie v rostlině nedostatek, a proto se samotná tvorba aminokyselin zpomaluje či dokonce zastavuje. Rostlina tak přestává růst. Foliární aplikací tak můžeme rostlině chybějící aminokyseliny dodat a ušetřit jí tak energii, kterou může využít v jiných fyziologických procesech (Hošna & Duchek 2013).

Aminokyseliny jsou převážně vyráběny hydrolýzou proteinů, které jsou obsaženy ve vedlejších zemědělských produktech, a to jak živočišného, tak i rostlinného původu (Colla & Rouphael 2015).

3.6 Fytohormony

Fytohormony se obecně nazývají jako růstové regulátory. Oboru rostlinných regulátorů se věnoval brněnský profesor R. Dostál. Rozpracoval teorie německého botanika Juliuse von Sachse. Ten se již na konci 19. století domníval, že existují chemické signály, díky kterým mohou jednotlivé orgány rostlin mezi sebou komunikovat (Procházka 1998).

Rostlinné hormony jsou skupina přirozeně se vyskytujících organických látek, které ovlivňují fyziologické procesy rostlin při velmi nízkých koncentracích. Ovlivňují především procesy růstu, diferenciaci a vývoje rostlin a řadu dalších procesů (Davles 2010). Přirozené rostlinné regulátory rozdělujeme do dvou skupin: rostlinné hormony (fytohormony) a další látky s regulační aktivitou. Mimo přirozených regulátorů je známa řada látek synteticky připravených, které mají silnou růstovou aktivitu, ať v povzbuzování či inhibici rostlinného růstu. Syntetické regulátory růstu nejsou součástí metabolismu rostlin. Po jejich aplikaci často působí déle než aplikované přirozené fytohormony. Je to dáno chybějícím enzymatickým aparátem, který by rozkládal syntetické látky (Hejnák et al. 2007).

Fytohormony, které jsou označovány chemickými signály, jsou účinné ve stopových množstvích $\leq 1 \text{ mmol.l}^{-1}$, často i $\leq 1 \mu\text{mol.l}^{-1}$. Pro výsledné působení je důležité množství, aktivita a především vzájemný poměr jednotlivých fytohormonů v rostlině. Fytohormony většinou regulují více fyziologických procesů, protože nejsou tak přísně specifické na místa určení působení jako hormony živočišné.

Nejvýznamnějšími a nejlépe prozkoumanými skupinami fytohormonů jsou auxiny, gibereliny a cytokininy. Dalšími významnými a nezastupitelnými fytohormony u většiny rostlin jsou kyselina abscisová a etylén. Kyselina abscisová s etylénem a vyšší koncentrací auxinu mají na rostliny inhibiční účinky. Stimulační účinky mají nízké koncentrace auxinu s cytokininy a gibereliny (Hejnák et al. 2007).

3.6.1 Mechanismus působení fytohormonů

Účinku hormonu vždy předchází vazba na receptor (bílkovina) a i u rostlin je působení hormonů možné zřejmě dvěma hlavními cestami:

1. Hormon proniká do buňky, váže se na rozpustný receptor v cytoplazmě. Takto vzniklý komplex proniká do jádra, kde vyvolá změnu v expresi některých genů.

2. Hormon se váže na receptor umístěný na plazmatické membráně. Signál je pak dále přenášen do buňky pomocí systémů druhých posílů.

Biochemické ovlivňování genové aktivity pomocí fytohormonů není doposud uspokojivě vysvětleno. Avšak existuje řada důkazů, že probíhá především na úrovni prepisu a úpravy mRNA (Hejnák et al. 2007).

3.6.2 Klasifikace fytohormonů

3.6.2.1 Auxiny

Hormon auxin je jedním z prvních identifikovaných fytohormonů. Byl objeven Charlesem Darwinem a jeho synem při studiu koleotilů (Woodward & Bartel 2005). Podstatu tropismů se podařilo vysvětlit F. W. Wentovi při práci s koleoptilemi ovsa. Prokázal, že špičky produkují látku, která difunduje do agaru a stimuluje prodlužovací růst (Procházka et al. 1998). Auxiny nalezneme ve všech suchozemských rostlinách a i u několika živočichů žijících v půdě (Woodward & Bartel 2005).

Auxiny se tvoří především ve vzrostném vrcholu stonku, odkud jsou transportovány lodyhou bazipetálně symplastickou cestou rychlostí asi $0,01 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$. Mnohem rychleji, rychlostí asi $0,10$ až $0,25 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$, se pohybují v mladých listech a lodyze. Zde se pohybují akropetálně. Auxiny jsou enzymaticky odbourávány v kořenové špičce, kam se dostanou pomocí cévních svazků a živých buněk středního válce kořene (Hejtník et al. 2007).

Auxiny jsou rozděleny do dvou skupin, na auxiny přirozené a auxiny syntetické (Procházka 1998). Přirozené auxiny jsou skupina strukturně podobných látek. Řadí se mezi ně kyselina indolyl-3-octová – IAA (Gurel & Wren 1995). V rostlinách je široké spektrum indolových sloučenin, z nichž je mnoho v metabolickém vztahu k IAA. Nevykazují ale biologickou aktivitu (Procházka et al. 1998). Dalším přirozeným auxinem je kyselina 4-chlorindolyl-3-octová – 4-Cl-IAA, kyselina indolyl-3-máselná – IBA a kyselina fenyl-octová – PAA. Tyto látky tvoří mnoho dalších analogů (Gurel & Wren 1995).

Společným znakem syntetických auxinů je aromatický kruhový systém, v jehož postranním řetězci je umístěna karboxylová skupina. Všechny dosud známé syntetické auxiny jsou slabé organické kyseliny a rozdělují se do čtyř skupin:

1. naftalenové kyseliny: nejdůležitější je α -naftyl-octová kyselina (NAA),
2. benzoové kyseliny (2,3,6- a 2,4,5-trichlorbenzoová, dicamba),
3. chlorfenoxykyseliny: kyselina 2,4-dichlorfenoxyoctová (2,4-D); 2,4,5-trichlorfenoxyoctová (2,4,5 - T) a 2-metyl-4-chlorfenoxyoctová (MCPA),
4. deriváty kyseliny pikolinové: picloram (Procházka 1998).

Hlavní fyziologické účinky

1. Prodlužování buněk: auxin tak indukuje dlouhivý růst. Optimální koncentrace je 10^{-6} až 10^{-5} M pro stonek. V kořenu je optimální koncentrace o 1-2 řády nižší. Koncentrace stimulující dlouhivý růst nadzemních částí rostliny inhibují dlouhivý růst kořenů. Přirozený zdroj auxinu je zpravidla optimální, proto jsou rozdíly na prodlužovací růst patrné až po oslabení přirozeného zdroje či při asymetrické distribuci auxinu v rostlinách (Šetlík et al. 2004). Auxin je pro tvorbu kořene nezbytným hormonem. Stimuluje tvorbu laterálních i adventivních kořenů.

Indukuje dělení buněk pericyklu, které tvoří meristém a základ postranního kořene (George et al. 2008).

2. Fototropismus: nerovnoměrná distribuce auxinu a různá reakce pletiv na auxin vyvolávají ohyby rostlin. Tropismy jsou založeny na reakcích prodlužovacího růstu, ať již kladných či záporných. Dále na místu koncentrace IAA a podle citlivosti pletiva na danou koncentraci. Fototropismy zajišťují optimální příjem záření listy. Druhým pohybem, které rostliny provádějí, je gravitropismus. Ten zajišťuje růst prýtu a kořenů správným směrem. Vnější signálem pro gravitropismus je zemská tíže. Příjemcem tohoto signálu jsou amyloplasty, vyplněné škrobovými zrny. Právě umístění amyloplastů a rozdílná citlivost stonku a kořene na koncentrace auxinu způsobují, že kořeny se ohýbají dolů a stonky nahoru i přesto, že příjem signálu je stejný jak u kořenů, tak i u nadzemních orgánů.
3. Apikální dominance: potlačení růstu úžlabních pupenů rostoucím vrcholovým pupenem. Auxin z dominantního vrcholového pupenu inhibuje pod ním se nacházející úžlabní pupeny, aniž by do nich vstupoval. Inhibované úžlabní pupeny mají dokonce nižší koncentraci auxinu ve srovnání s rostoucími pupeny.
4. Diferenciace vodivých pletiv: bezprostředně pod rostoucím pupenem se diferencuje prokambium a z něho vodivá pletiva. Odstranění pupenu brání diferenciaci vodivých pletiv. Tato diferenciace probíhá bazipetálně.
5. Zakládání laterálních a adventivních kořenů: tvorba adventivních a laterálních kořenů je podporována mnohonásobně většími koncentracemi auxinu, než je koncentrace pro stimulaci prodlužování kořene. S laterální rhizogenezí souvisí změny v diferenciovaném pletivu, stimulace buněčného dělení a dezintegrace pletiva, kterým musí vznikající kořínek prorůst.
6. Růst plodů: auxin je prvotním signálem pro vývoj plodu. Je produkován v pylu, endospermu a embryu. Signál vzniká pravděpodobně již po opylení a iniciuje růst vajíček a nasazení plodů (Šetlík et al. 2014).

3.6.2.2 Cytokininy

Cytokininy jsou předmětem zájmu vědců již delší dobu. Spolu s auxiny se považují za hlavní růstové regulátory růstu. Při optimálních koncentracích spolu s auxiny ovlivňují dělení buněk v rostlinných pletivech (Macháčková 1998).

Cytokininy tvoří skupinu strukturně podobných sloučenin, které jsou klasifikovány buď jako isoprenoidní, nebo aromatické (Kudo et al. 2010). Cytokininy jsou substituované deriváty adeninu, na aminoskupině v poloze 6. Byly objeveny na základě jejich role při regulaci buněčného dělení. Od té doby se ukázalo, že tyto rostlinné hormony regulují také další aspekty rostlinného vývoje (Argueso et al. 2009). Prvním přirozeným cytokininem byl zeatin, nalezen v nezralém endospermu kukuřice. V současnosti je známo přes 30 přirozených cytokininů (Procházka 1998). Všechny známé cytokininy jsou v rostlině buď ve volné, nebo konjugované formě. Hormonálně aktivní jsou však pouze cytokininy volné. Konjugovaná forma vzniká ze sacharidů. Následkem je inaktivace cytokininů a jejich regulační charakter (George et al. 2008).

Nejvýznamnějšími přirozenými cytokininy jsou zeatin, dihydrozeatin, izopentyladenin a izopentylaminopurin. Ze syntetických jsou to kinetin, který je nejdéle známým, dále benzyladenin a benzylaminopurin. Ty jsou často využívány k experimentálním účelům (Hejnák et al. 2007). Hlavním místem syntézy přirozených cytokinů jsou kořeny, odkud jsou do nadzemních částí rostliny transportovány xylémem. Za určitých podmínek se však některé části rostlin mohou stát autonomními a mohou si produkovat cytokininy samy. Nejvyšší koncentrace cytokinů nalezneme v intenzivně se dělicích a rostoucích pletivech. Koncentrace může být rovněž ovlivněna dalšími hormony. Vyšší hladiny auxinu a etylenu potlačují akumulaci cytokinů (Procházka 1998).

Hlavní fyziologické účinky

1. Buněčné dělení: aktivují geny buněčného cyklu při přechodu z fáze G2 do mitózy a regulují spolu s auxinem přechod z G2 do fáze replikace DNA. Cytokininy stimulují buněčné dělení v celé rostlině, ne jen při dodání do tkáňových a buněčných kultur. Dodaný cytokinin může zrychlovat buněčné cykly ve vrcholech stonků a stimulovat organogenezi. Dále mohou stimulovat objemový růst buněk.
2. Snížení apikální dominance: probouzí spící úžlabní pupeny nebo urychlují růst v nepřítli aktivních pupenech. Zvyšuje transport iontů a množství auxinu v buňkách pupenu.
3. Interakce s auxinem v tkáňových kulturách: umožňuje regeneraci celých rostlin z izolovaných částí. Při zvýšeném poměru cytokinin/auxin v živné půdě vyvolává překotnou regeneraci pupenů a brání tvorbě kořenových vrcholů.
4. Zpomalení stárnutí: zpomalují degradaci bílkovin a destrukci chloroplastů. Je tím tak prodloužena životnost chloroplastů a tím dojde k oddálení stárnutí listů. Spolu se světlem mohou cytokininy pozitivně regulovat genovou expresi a aktivují proteosyntézu. Aktivují enzym nitratreduktasu a tím zvyšují využití dusíku z půdy (Šetlík et al. 2004).

3.6.2.3 Gibereliny

Gibereliny jsou třídou rostlinných hormonů, které mají rozmanité funkce. Ze studií rostlin s nedostatkem giberelinů a účinků aplikace exogenních giberelinů je zřejmé, že tato třída rostlinných regulátorů je v rostlině velmi významná a ovlivňuje širokou škálu vývojových a růstových stádií. Chemismus a metabolismus giberelinů je studován po několik desetiletí, což vedlo k detailnímu pochopení cest podílejících se na jejich biosyntéze a katabolismu (Hooley 1994). Struktura giberelinů byla objasněna až v padesátých letech a jako první byla identifikována a popsána kyselina giberelová (Procházka 1998). Gibereliny získaly své jméno podle houby *Giberella fujikuroi*. Rostliny napadené touto houbou nápadně zesilují svůj prodlužovací růst. Nakonec ale podléhají nekrózám pletiv, protože trpí nedostatkem chlorofylu (Hejnák et al. 2007). Gibereliny dělíme do dvou skupin - s 19 a 20 atomy uhlíku. Liší se i počtem a polohou karboxylových skupin (Procházka et al. 1998).

Gibereliny jsou transportovány ve floému, ale byly detekovány i v xylému, což svědčí o jejich syntéze v kořenech. Význam jejich transportu není dosud objasněn (Procházka et al. 1998).

Hlavní fyziologické účinky

1. Prodlužovací růst: stimuluje k růstu všechny nadzemní orgány, u kterých ještě není dokončen prodlužovací růst. Projevuje se na všech částech rostliny při jakýchkoli koncentracích. Růst kořenů je většinou inhibován. Při regulaci prodlužovacího růstu gibereliny spolupracují s auxiny. Konkrétně s IAA tak, že IAA reguluje některé pozdější kroky biosyntézy giberelinů.
2. Přejít do reprodukční fáze: u rostlin s růžicovitým vegetativním růstem vyvolává giberelin prodlužování stonku a následovné kvetení. Mohou dokonce jako jediné z fytohormonů nahradit fotoperiodickou indukci.
3. Stimulace klíčení: zdrojem giberelinů v obilce je embryo. V první fázi klíčení se uvolněné gibereliny z embrya transportují do vrstvy aleuronových buněk, která se nachází mezi endospermem a obaly obilky. Tam giberelin indukuje produkci enzymů mobilizujících zásobní látky, potřebné pro růst klíčící rostliny (Šetlík et al. 2004).

3.6.2.4 Kyselina abscisová

Kyselina abscisová patří mezi látky, které růstové a vývojové procesy inhibují. Inhibující látky byly nalezeny při zkoumání procesů opadu listů a plodů stromů. Byl získán extrakt z listů javoru kleny, izolovaný koncem léta při krátkém dni. Při aplikaci na vrchol letorostů javoru způsoboval přechod do dormance. Látka byla pojmenována jako dormin. Výzkum příčiny opadu plodu bavlíku vedl k závěru, že jej způsobují látky, které později dostali označení jako abscisin I a abscisin II. Ukázalo se, že dormin je totožný s abscisinem II, který byl s ohledem na kyselou povahu přejmenován na kyselinu abscisovou (ABA) (Hejnák et al. 2007).

Kyseliny abscisové se podílí na mnoha fyziologických a vývojových procesech v celém životním cyklu rostliny a také reaguje na nepříznivé faktory působící na rostlinu. Reaguje zejména na sucho, chlad a stres vyvolaný nadměrnou salinitou (Himmelbach et al. 1998). Obsah abscisové kyseliny v pletivech pak výrazně (až o 1-2 řády) stoupá. Je proto považována za fytohormon signalizující stres. Druhou významnou oblastí působení ABA je její účast v embryogenezi (Šetlík et al. 2004).

Tvorba kyseliny abscisové probíhá zejména v kořenových špičkách a v dospělých listech. Její tvorba je vyšší za krátkého dne a také silně stoupá při nedostatku vody. Transportuje se z kořenů do nadzemní části xylému a v rámci nadzemní části ve floému rychlostí 0,025 – 0,035 m.h⁻¹ (Hejnák et al. 2007).

Hlavní fyziologické účinky

1. Snížení transpirace: při nedostatku vody v půdě stoupá biosyntéza ABA v kořenech a zvyšuje se její transport xylémem do rostliny. Signalizačním prostředkem

o nedostatku vody v rostlině jsou svěrací buňky průduchů. ABA v těchto buňkách zvyšuje výtok draslíkových iontů a tím redukuje turgor a zavírá průduchy. Průduchy na zvýšenou hladinu ABA reagují velmi citlivě a reakce tak nastává již po několika minutách.

2. Zvýšení odolnosti cytoplazmy: díky působení ABA na genovou expresi, při níž se indukují biosyntéza nových druhů proteinů. Zvyšuje odolnost cytoplazmy proti dlouhotrvajícímu suchu a také při zasolení, chladu či jiných poškozeních.
3. Stimulace laterálních kořenů: podporuje tak mohutnější kořenové soustavy.
4. Inhibice růstu nadzemních částí rostliny.
5. Indukce biosyntézy zásobních proteinů v semeni.
6. Indukce dormance: dormance semen koreluje se zvýšeným obsahem ABA. Dodáním ABA působí inhibičně na celý proces indukce klíčení gibereliny. Pomocí dodané abscisové kyseliny je možné zesílit dormanci u bramborových hlíz (Šetlík et al. 2004).

3.6.2.5 Etylén

Etylén ($H_2C = CH_2$) je nejjednodušší uhlovodík s dvojnou vazbou. Tato vazba je nepolární a je nositelem chemické reaktivity (Procházka 1998). Etylén je plynný rostlinný hormon, který reguluje spektrum fyziologických procesů, jako je růst a vývoj rostlin. Také bylo zjištěno, že etylén urychluje zrání plodů a podílí se na fyziologických procesech vyvolaných stresovými podmínkami (Han et al. 2018).

Etylén se tvoří ve všech částech rostliny a prekurzorem je aminokyselina methionin (Hejnák et al. 2007). Syntéza a signalizace etylénu může být ovlivněna nedostatkem živin. Jeho produkce při různých nedostatcích živin vzrůstá. Produkce ovšem může vzrůst i při nadbytku některých živin, jako například u dusičnanu (García et al. 2015).

Hlavní fyziologické účinky

1. Inhibice dlouhivého růstu stonku a naopak podpoření jeho růstu do šířky. Souvisí se změnou uspořádání mikrotubulů a mikrofibril celulózy. S tímto účinkem souvisí i podpora laterální organogeneze, např. odnožování obilovin, tj. typické snížení apikální dominance.
2. Vyvolání epinastií: zvýšená koncentrace etylénu v kořenové zóně v případě její zaplavení nebo v anaerobních podmínkách vede k epinastiím. Horní strana listů roste rychleji než spodní strana.
3. Účast na procesu stárnutí: ve velkém množství se tvoří při zrání klimakterických plodů. Jako plyn uniká do ovzduší a jeho přítomnost dokáže mnohonásobně zvýšit produkci etylénu v rostlinných buňkách, kde vyvolává genovou expresi pro tvorbu hydrolytických enzymů, které dezintegrují buněčné stěny. Podobný mechanismus působí při stárnutí a opadu listů, květů a plodů (Šetlík et al. 2004).

3.6.2.6 Brassinosteroidy

Brassinosteroidy se vyskytují v širokém spektru rostlin a nejvíce jich je obsaženo v reprodukčních orgánech. Poprvé byl izolován z pylu řepky. Nyní jich je známo přes 30 a k nejvýznamnějším patří brassinolid, castasteron a typhasterol (Procházka 1998). Působí v součinnosti s fytohormony podporujícími růst. Svým působením zvyšují množství IAA a snižují přítomné množství ABA v rostlinách (Šetlík et al. 2004). Četné studie prokázaly schopnost brassinosteroidů zvyšovat schopnost rostlin vyrovnávat se se stresovými podmínkami sucha, nízkými a vysokými teplotami a vyšší salinitou. Tato schopnost vyrovnávání je spojena s působením brassinosteroidů na metabolické procesy spojeny s fotosyntézou a biosyntézou nukleových kyselin a proteinů (Upreti & Sharma 2016).

3.6.2.7 Kyselina jasmonová

Své jméno dostala po prvním zdroji z vyšších rostlin, ze kterého byla izolována, z esenciálních olejů *Jasminum grandiflorum* (Procházka 1998). Od kyseliny jasmonové je odvozena celá řada chemických sloučenin, nazývajících se jasmonáty. Jasmonáty jsou fytohormony, které hrají významnou roli při ochraně proti býložravcům a nekrotrofům. Dále jsou velmi významné při samotném vývoji rostlin, květů a semen (Han 2016).

3.7 Stres rostlin

Studium fyziologických reakcí rostlin ve stresových podmínkách je komplikované, protože často působí více stresových faktorů současně. Interakce mezi jednotlivými faktory mohou podstatně měnit charakter stresové reakce ve srovnání s působením jednotlivých stresových faktorů odděleně. Velký význam v odolnosti rostlin ke stresu mají právě fytohormony měnící fyziologické procesy rostlin (Hussain et al. 2010). S vlivem stresorů, které probíhají na různých úrovních, jsou spojeny 2 pojmy.

Modifikace - je nedědičná fenotypická změna, která trvá do vyznění příčiny, jež ji způsobuje. Rostlina například mění svůj vzhled pod vlivem vnějších podmínek, ale její potomstvo má opět původní tvar těla.

Mutace - je trvalá genetická změna, která se převádí i na potomstvo.

Stres je definice stavu, ve kterém se rostliny nacházejí pod vlivem stresorů. Na živé organismy vždy působí celý komplex vlivů. Abiotických (fyzikálních a chemických) a biotických faktorů (živých organismů, včetně člověka). Ty vstupují do vzájemných interakcí a způsobují tak negativní ovlivnění rostliny. Negativní vlivy, zvané stresory, působí na celou rostlinu a všechny její části. Skupina reakcí, která rostlina pod vlivem stresorů spustí, se nazývá stresová reakce. Výsledkem těchto reakcí je určitá adaptační schopnost a přechodné zvýšení úrovně odolnosti vůči abiotickým stresům. Většinou se však rostlina pokouší o nastolení tolerance vůči stresu. Pro jednotlivé vlivy lze stanovit meze, které již nejsou pro rostliny optimální a kdy jsou nutné změny vlastností rostlin pro úspěšné dokončení vývojového cyklu. Po překročení určité meze se objeví poruchy struktur jednotlivých funkcí a následně i orgánů celé rostliny. Rostlina v krajním případě může až odumřít (Bláha 2003). Mezi nejčastější abiotické stresové faktory, poškozující vývojové procesy, řadíme stres vyvolaný nedostatkem či přebytkem vody, stres vyvolaný nízkými či vysokými teplotami, nedostatky nebo přebytky živin, včetně mikroelementů a neoptimální hodnoty pH půdy. Do abiotických stresorů se zahrnuje i mechanické poškozování rostlin. Způsobené kroupami, poraněními rostlin nebo znemožnění růstu kořenů v nadměrně zhuštěných půdách (Rhodes & Nadolska-Orczyk 2001). Tolerance rostlin k abiotickým stresům je velmi složitá. Vzhledem ke složitým interakcím mezi stresovými faktory a různými molekulárními, biochemickými a fyziologickými jevy ovlivňujícími růst a vývoj rostlin (Razmjoo et al. 2008). Biotická poškození způsobuje široká škála rostlinných patogenů (bakterie, houby a viry) a býložraví herbivoři (Rhodes & Nadolska-Orczyk 2001).

3.7.1 Stres cukrové řepy

3.7.1.1 Stres v důsledku nedostatku živin

Nedostatek dusíku

Dusík je jedním z nejvýznamnějších prvků pro všechny organismy a to včetně rostlin. Je součástí aminokyselin, amidů, pyrimidových a purinových bází, nukleových kyselin, bílkovin, chlorofylu, různých enzymů a dalších biologicky aktivních látek (Smith 1995). Dusík zaujímá nezastupitelné místo v systému metabolismu rostlin. Je podstatnou součástí bílkovin,

s nimiž jsou v rostlině spojeny všechny životně důležité funkce. Dostatek dusíku nejenže zvyšuje výnos produkce, ale má rovněž pozitivní vliv na fotosyntetické procesy, na produkci listové plochy a celkovou dobu trvání asimilace (Leghari et al. 2016). Dostatek dusíku u cukrové řepy má také zásadní funkci pro optimální získání cukru z bulvy (Hergert 2010).

Nedostatek dusíku v rostlině způsobuje snížený růst a chlorózy listů. Příznaky se nejprve objevují na starších listech. Listy postupně žloutnou (Bianco et al. 2015). Celkově rostliny s nedostatkem dusíku mají menší listovou plochu a postupně omezují růst. Dusík je nezbytný pro rychlé zakrytí půdy listy a celkovou vitalitu rostlin (Bittner 2012). U vyvíjejících se rostlin s nedostatkem dusíku jsou kořeny nitkovité, kdežto při jeho dostatku jsou krátké, silné a bílé (Bláha 2003). Nedostatek dusíku negativně ovlivňuje výnos bulev. Cukernatost ovlivněna není. Nedostatek dusíku se může projevit v případě poškození kořenového systému či přítomnosti většího množství nerozložené organické hmoty, i když je ho v půdě optimální množství. Nebezpečné může být i přehnojení dusíkem (Bittner 2012). Následkem přehnojení dusíkem je snížená koncentrace cukru a zvýšený obsah nečistot (Hergert 2010). Proto je v agrotechnice cukrové řepy nezbytné stanovit optimální dávku dusíkatého hnojiva a jeho formu. Neméně důležité je stanovení termínu aplikace během vegetace v závislosti na obsahu dusíku v půdě (Szczepaniak et al. 2012).

Nedostatek fosforu

Cukrová řepa je náročná na dostupnost fosforu v půdě zvláště v raných fázích vývoje, kdy je fosfor translokován do listů i kořenů. Ve druhé půlce vegetace se kumuluje především v kořenech. Velmi důležitá je dobrá půdní zásoba fosforu (Bittner 2012). Cukrová řepa přijímá fosfor hlavně v anorganické formě (Terry & Ulrich 1973). Anorganické formy fosforu jsou jedny z nejméně dostupných živin v půdách. Rostliny trpící nedostatkem fosforu vykazují zpomalený růst. Je to dáno změnou parametrů buněčného dělení a prodlužování buněk (Sarker et al. 2010). Viditelné příznaky nedostatku jsou méně časté (Bittner 2012). Při významnějším nedostatku se objevuje narudlý odstín listů, listy se prodlužují a mají slabou, málo vyzrálou žilnatinu. Projevy jsou patrné nejdříve na starších listech, které od špičky vadnou, zasychají a odumírají (Bláha et al. 2003).

Nedostatek draslíku

Dostatečné množství draslíku v půdě je žádoucí po celou dobu vegetace. Cukrová řepa je na draslík velmi náročná a přijímá ho v průběhu celé vegetace. Draslík se více kumuluje v listech, i když v kořenech je zastoupen také ve značně vysokém množství (Bittner 2012). Draslík má významnou roli v rostlině na jejím hospodaření s vodou. Při nedostatku vody má účinek na udržení osmotického potenciálu kořenových buněk. To je důležité pro zachování delší doby trvání vodní rovnováhy (Mehrandish et al. 2012). Nedostatek draslíku se může projevit na chudých půdách s malým obsahem humusu. Na rostlině se projevuje tmavě zelenou barvou, okraje listů se svinují nahoru a žloutnou, červenají, až hnědnou a následně nekrotizují. Projevy pozorujeme nejprve na starších listech. Mladší jsou delší dobu zelené, ale jsou drobné a zakrslé (Bittner 2012).

Nedostatek hořčíku

Hořčík má v rostlinách řadu nezastupitelných funkcí. Podílí se na metabolických procesech rostliny a mezi další, jím ovlivněné procesy, patří: fotofosforylace (tvorba ATO v chloroplastech), fixace oxidu uhličitého, syntéza proteinů, tvorba chlorofylu, rozdělení a využití fotoasymilátů, generování reaktivních druhů kyslíku a fotooxidace v listových tkáních. V případě nedostatku jsou tyto fyziologické funkce ovlivněny. To vede ke zhoršení růstu a výtěžnosti produktů (Cakmak & Yazici 2010). Viditelnými příznaky se projevují na starších listech, které blednou a žloutnou mezi listovou žilnatinou. Příznaky postupují listem od jeho okraje, přičemž kolem listové žilnatiny zůstávají tmavší zelené pruhy. Nedostatek hořčíku je na našich řepářských půdách relativně častý, zejména na lehkých písčitých půdách s dostatkem vápníku. Hořčík je přijímán rostlinou pasivně a je snadno nahrazován jinými živinami, jako je draslík a vápník. Dobrá zásobenost půdy hořčíkem má pozitivní vliv na výnos budev, cukernatost a snižuje obsah alfa – amino dusíku (Bittner 2012).

Nedostatek bóru

Bór je velmi významným mikroelementem a uplatňuje se při floémovém transportu sacharózy a při dalších významných procesech metabolismu cukrů. Dostatek bóru pozitivně ovlivňuje příjem fosforu a dalších živin, napomáhá využití vápníku v rostlině (Bittner 2012). Prvořadou funkcí je ale bezpochyby jeho strukturální role v buněčné stěně (Camacho-Cristóbal 2008). V ní stabilizuje pektonické sítě a následně reguluje velikosti pórů (Brown et al. 2012). Nedostatek bóru se objevuje zejména na chudých půdách, za sucha či na půdách silně vyvápňených. Cukrovka je na jeho nedostatek velmi citlivá. Příznaky jsou patrné na listových řapících, kde se objeví hnědá skvrnitost až korkovitost. Postupně odumírají srdéčkové listy a v bulvě se může vytvořit dutina. Tento projev se nazývá srdéčkovou hnilobou. Následkem je snížení výnosu kořene a snížení cukernatosti (Bittner 2012).

Nedostatek manganu

Mangan je mikroprvkem důležitým pro všechny druhy rostlin. Má vliv na jejich růst a reprodukci. Je složkou bílkovinných komplexů a podílí se na aktivaci metabolických cest. Mangan je kationtovým aktivátorem acetyl-CoA karboxylázy, což je enzym zapojený do prvního kroku syntézy mastných kyselin (Kering & Broderick 2018). Nedostatek manganu se projevuje na listech mezi listovou žilnatinou žlutobílými skvrnami. V případě objevení se příznaků již na jaře a při silnějším nedostatku bóru bývá zbržděn růst, prodlužují se listové řapíky a okraje listů se svinují dovnitř. Jeho deficiencie se projevuje zvláště na lehčích písčitých půdách, v případě sucha či vysokého pH půdy (přes 6,5). V případě silného nedostatku může být výnos snížen až o 30 % (Bittner 2012).

3.7.1.2 Stres vyvolaný fyzikálními faktory

Cukrová řepa je plodinou velmi citlivě reagující na nepříznivé vlivy počasí. K dosažení co nejvyšších výnosů je třeba zajistit cukrové řepě co nejdélší vegetační dobu. Vegetační dobu prodloužíme hlavně včasným jarním setím. Hrozí tu však nebezpečí poškození rostlin jarními mrazíky. Na počátku vegetace cukrovka trpí při prudkých srážkách. Vytvořený půdní škraloup

brání vzcházení a růstu malých rostlinek, přičemž dochází k postupnému odumírání rostlin. Později je často cukrová řepa vystavena nedostatku vláhy. Cukrovka je na srážky velmi náročná a zejména na lehčích půdách trpí jejich nedostatkem (Bittner 2012). Výnos cukrové řepy závisí již na termínu setí a využití půdní vláhy akumulované v půdě během zimy. Cukrovka nejrychleji klíčí při půdní vlhkosti půdy v ložisku osiva 20 – 23 % a teploty vzduchu 15 – 25 °C. Zpožděný výsev o jeden den vede v průměru ke ztrátě výnosu bulev 300 kg.ha⁻¹ a 50 kg.ha⁻¹ bílého cukru (Petkeviciene 2009).

Vodní stres

Vodní deficit indukuje řadu morfologických a fyziologických změn v rostlině cukrové řepy, jako je snížení plochy listů a snížení intenzity fotosyntézy. Cukrová řepa se vodnímu stresu brání právě redukcí listů. Má však schopnost při zlepšení podmínek tyto listy nahradit. Listy v podmínkách sucha mají tendenci ležet na půdě vodorovně a tím tak zvyšují účinnou plochu vystavenou přímému slunečnímu záření. V důsledku snížení transpirace se teplota listů zvyšuje a může způsobit odumření listů popálením (Mohammadian et al. 2004). Míra poškození suchem závisí na rychlosti a hloubce prokořenění. Cukrovka je totiž hlubokokořenící rostlinou a u těžších půd s hlubokým orničním profilem nedochází k projevům sucha tak brzy, jako na půdách lehkých. Sucho negativně ovlivňuje výnos kořenů. Naopak ale zvyšuje cukernatost. Vedle cukernatosti zvyšuje i obsah betainu a α – amino dusíku, což negativně působí na zhoršení výtěžnosti u cukrovky. Vodní stres u rostliny může umocnit i nadbytek dusíku v půdě (Bittner 2012).

Mrazové poškození

Na poškození mrazem je cukrová řepa v raných fázích vývoje velmi citlivá. Krátkodobé silné mrazy se na rostlinách projeví zešednutím, zhnědnutím a ztrátou turgoru (zvadnutím). Při menších poškozeních nekrotizují okraje děložních listů, popřípadě prvních pravých. Tato poškození jsou schopné rostliny přežít. V tomto případě je nutné oddálit herbicidní ochranu, aby se obnovila poškozená kutikula a nedošlo k poškození herbicidy.

Na podzim hrozí poškození hlavně na skládkách v závěrečných měsících roku, kdy dochází k promrzání hromad. Po trvání mrazu není poškození patrné. Až po jeho povolení bulvy měknou, sklovatí a černají. Při neokamžitém zpracování takto poškozená řepa, je napadána nekrotrofními houbami a bakteriemi, které řepu zcela znehodnotí (Bittner 2012).

Poškození kroupami

Cukrovka patří mezi velmi citlivé plodiny z hlediska možného poškození kroupami. Při poškození v raných fázích vývoje do zapojení porostu nemusí být výsledné snížení výnosu tak významné. Horší je poškození v létě při zapojeném porostu, kdy pravidelně bývají velké výnosové ztráty jak na výnosu kořenů, tak i v cukernatosti. Kroupy působí silné poškození listové plochy. Cukrovka relativně rychle nahradí poškozenou listovou plochu novými listy,

ale přesto dochází k výrazným ztrátám na celkovém výnosu v úrovni 10 až 40 %. Navíc se na poškozených listech mohou usazovat některé škodlivé patogeny (Bittner 2012).

3.7.1.3 Stres vyvolaný herbicidním stresem

Cukrová řepa patří mezi nejcitlivější plodiny vůči herbicidům. K poškození rostlin cukrovky může dojít buď přímým zásahem herbicidu v roce pěstování, nebo nepřímo díky reziduálním působením herbicidů využitých v předchozím roce u předplodiny.

3.7.1.3.1 Poškození herbicidy povolenými k aplikaci do cukrové řepy

Na poškození povolenými herbicidy do cukrové řepy může mít vliv celá řada dalších okolností. Důležitá je správnost namíchání aplikačního roztoku, dodržení dávek, které není vhodné překračovat, a povolené kombinace látek. Důležitou roli hraje aktuální vitalita rostlin a jejich vývojová fáze. A v neposlední řadě klimatické podmínky, jako je teplota, sluneční svit a srážky. Herbicidní stres významně ovlivňuje výsledný výnos cukru, a to tím významněji, čím je kratší vegetační doba. Poškozené rostliny jsou retardovány v růstu, na jejich listech se objevují nekrózy (Bittner 2012).

4 Materiál a metody

V roce 2016 a 2018 byl založen poloprovozní pokus na pozemcích firmy AGROBEN s.r.o, ve kterém byly ověřovány účinky přípravků Terra - sorb foliar, Terra - sorb komplex, Blackjak, Lignohumát Max a Lignohumát Aktivátor.

4.1 Charakteristika pokusného stanoviště

Poloprovozní pokus v roce 2016 se nacházel v katastru obce Ohrazenice, okres Semily. Pokus byl umístěn na rovinné ploše honu, v nadmořské výšce 310 m. Klimatická oblast je mírně teplá s průměrnou roční teplotou 7-8 °C a mírně vlhká s ročním úhrnem srážek 550-700 mm.

Tabulka 3: Průběh povětrnosti v Liberci 2016 (teplý půlrok)

Měsíc	Teplota (°C)	Úhrn srážek (mm)	Sluneční svit (h)
Duben	7, 2	44, 6	136
Květen	13, 2	33, 7	210, 5
Červen	16, 6	145, 6	184, 4
Červenec	17, 8	132, 8	190, 3
Srpen	16, 0	46, 6	192, 2
Září	15, 5	80, 9	212, 2

V roce 2018 byl pokus umístěn v katastru obce Všeň, okres Semily. Pokus se nacházel rovněž na rovinné ploše honu, v nadmořské výšce 235 m. Klimatická oblast je shodná s místem pokusu vedeného roku 2016.

Tabulka 4: Průběh povětrnosti v Liberci 2018 (teplý půlrok)

Měsíc	Teplota (°C)	Úhrn srážek (mm)	Sluneční svit (h)
Duben	12,4	36,3	241,1
Květen	15,5	60,3	269,6
Červen	16,6	68,6	178,8
Červenec	19,0	26,9	285,5
Srpen	20,1	27,6	243,4
Září	14,2	35,8	189,3

4.2 Přehled pracovních operací

Předplodinou cukrové řepy byla v obou letech pšenice ozimá. Po sklizni byla na strniště aplikována dávka 3 t.ha⁻¹ lihovarských výpalků. Ty byly zapraveny podmiťáčem Horsch Joker 6 HD. V první polovině listopadu byly pozemky hloubkově kypřeny do 40 cm hloubkovým kypřičem Vogel&Noot TerraDig XS. Po otevření jara a při vhodných podmínkách pro přejezd aplikační techniky bylo aplikováno 190 kg.ha⁻¹ močoviny. Zhruba týden před plánovaným zpracováním půdy následovala aplikace herbicidního přípravku Clinic v dávce 2 l.ha⁻¹. Na přelomu března a dubna byla půda nejprve zpracována přejezdem podmiťáče Horsch Terrano 6 FG a následně kompaktozem. Agrotechnické postupy v obou letech pokusu byly identické. Na takto zpracovaném pozemku následovalo ještě téhož dne setí. V roce 2016 byla zasetá odrůda BTS 710 a v roce 2018 Aviso.

4.3 Metodika pokusů

4.3.1 Ošetření porostu

Tabulka 5: Ošetření porostu 2016

Datum	Přípravek
18. 4. 2016	1,0 l Betanal Expert, 1,0 l Goltix, 20 g Safari + 100 l vody
3. 5. 2016	1,1 l Betanal Expert, 1,0 l Goltix, 20 g Safari + 100 l vody
18. 5. 2016	1,3 l Betanal Expert, 1,0 l Goltix, 30 g Safari + 100 l vody
3. 6. 2016	1,0 l Betanal Expert, 1,2 l Goltix, 30 g Safari, 1,3 l Gramin, 2,0 l Wuxal + 150 l vody
6. 6. 2016	2,5 kg Betatrel, 0,35 l Acanto, 3,0 l Borosan + 100 l vody
7. 6. 2016	1. ošetření stimulanty (Terra - sorb foliar, Terra - sorb komplex, Blackjak, Lignohumát Max, Lignohumát Aktivátor) + 250 l vody
29. 7. 2016	0,4 l Sféra, 0,5 l Borosan, 3,0 l K gel + 250 l vody
4. 8. 2016	2. ošetření stimulanty (Terra - sorb foliar, Terra - sorb komplex, Blackjak, Lignohumát Max, Lignohumát Aktivátor) + 250 l vody

Tabulka 6: Ošetření porostu 2018

Datum	Přípravek
20. 4.	Betanal Expert 1 l + Goltix 1,2 l + Safari 25 g + 100 l vody
2. 5.	Betanal Expert 1 l + Goltix 1 l + Betasana 0,45 l + Safari 23 g + 150 l vody
20. 5.	Betanal Expert 1,3 l + Betasana 1 l + Gramin 1,3 l + Gramin 1,3 l + Pyramin 1,5 l + Safari 30 g + 100 l vody
31. 5.	1. ošetření stimulanty (Terra - sorb foliar, Terra - sorb komplex, Blackjak, Lignohumát Max, Lignohumát Aktivátor) + 250 l vody
22. 8.	Tango 0,96 l + Topsin 0, 65 l + K gel 2,5 l + Borosan 1,8 l + voda 250 l
25. 8.	2. ošetření stimulanty (Terra - sorb foliar, Terra - sorb komplex, Blackjak, Lignohumát Max, Lignohumát Aktivátor) + 250 l vody

4.3.2 Varianty pokusu

Varianty byly v obou letech vedeny beze změny, aby bylo možné porovnání jejich výsledků. V obou případech byla aplikace v průběhu vegetace dvakrát opakována. Jednotlivé varianty hnojení jsou uvedeny v tabulce. Termín první aplikace pokusných přípravků byl vždy po aplikaci posledního herbicidního ošetření. Druhý termín aplikace po fungicidním ošetření.

Tabulka 7: Varianty pokusu

Varianta		Dávka (l.ha ⁻¹)
1.	Kontrola	-----
2.	Terra - sorb foliar (2 aplikace)	1,0 + 1,0
3.	Terra - sorb komplex (2 aplikace)	0,5 + 0,5
4.	Blackjak (2 aplikace)	1 + 1
5.	Lignohumát Max (2 aplikace)	0,4 + 0,4
6.	Lignohumát Aktivátor (2 aplikace)	0,75 + 0,75

Všechny aplikační dávky byly ředěny v 250 l vody.

V roce 2016 byla první foliární aplikace testovaných přípravků provedena 7. 6. po posledním herbicidním ošetření. Rostliny měly 9 – 10 pravých listů. Druhá aplikace byla dne 4. 8. po fungicidním ošetření porostu, kdy průměrný počet listů se pohyboval v rozmezí 30 - 34.

Roku 2018 bylo první ošetření porostu testovanými přípravky provedeno dne 31. 5. Rovněž po poslední aplikaci herbicidních přípravků, kdy rostlina disponovala 10 – 11 pravými listy. Druhá aplikace byla dne 22. 8. po fungicidním ošetření porostu. Zde byl počet pravých listů značně redukován kvůli suchu. Průměrný počet asimilujících pravých listů byl v rozmezí 15 - 25 listů. Zejména starší listy byly suchem zcela zredukovány.

Tabulka 8: Termíny aplikace v jednotlivých ročnících

Ročník	Termíny aplikace	
	1. aplikace	2. aplikace
2016	7. 6.	4. 8.
2018	31. 5.	22. 8.

Obrázek 3 a 4: Stav porostu v roce 2018 při první aplikaci (30.5.) a před druhou aplikací (22.8.)



4.3.3 Sklizeň a vyhodnocení pokusu

Sklizeň pokusů byla provedena vždy na počátku měsíce října. Z pokusných parcel byly odebrány šestimetrové části řádků ve čtyřech opakováních z každé varianty pokusu. U rostlin se zvažila hmotnost bulev a chrástu. Pokusná plocha byla následně přepočtena na plochu jednoho hektaru a po dalším přepočtení stanoven výnos.

Stanovení technologické jakosti bulev cukrovky

Z každé varianty byl odebrán vzorek bulev pro stanovení kvalitativních parametrů. Stanovení standardních kvalitativních ukazatelů bylo realizováno ve spolupráci s laboratoří společnosti SynTech Research v Semčicích. Určovány byly tyto parametry: cukernatost, draslík, sodík a alfa - aminodusík. Z těchto údajů byly následně přepočteny další parametry, jako je výnos polarizačního cukru, výnos bílého cukru a výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost.

Pro výpočet teoretické výtěžnosti byl nejprve vypočítán teoretický zůstatek cukru v melase (CM) podle Reinefeldova vzorce. Tento vzorec popisuje vzniklé ztráty cukru při zpracování řepy v závislosti na obsahu melasotvorných látek v dodaných bulvách.

$$CM = 0,343 [K+Na] + 0,094 [\alpha N] + 0,29$$

kde je

CM.....teoretický zůstatek cukru v melase (%)

[K+Na]....koncentrace iontů K⁺ a Na⁺ v řepě (mmol.100 g⁻¹)

[\alpha N].....koncentrace α - aminodusíku v řepě (mmol.100 g⁻¹)

Vypočtená hodnota teoretického zůstatku cukru v melase byla odečtena od cukernatosti a tím získána teoretická výtěžnost.

Výnos bílého cukru

$$[\text{cukernatost} - (0,343 \times K + 0,343 \times Na + 0,094 \times \alpha N + 0,29)] \times \text{výnos bulv} \cdot 100$$

4.4 Charakteristika odrůdy BTS 710

Odrůda BTS 710 od firmy Betaseed je diploidní odrůdou vyznačující se tolerancí k rizománii a cercosporióze, NV – V typu. Odrůda je vhodná pro pozdnější termíny sklizně a je odolná proti vyběhání. Méně odolná je proti napadení komplexem listových skvrnitostí. V systémech bez fungicidního ošetření je výnos kořene vysoký až velmi vysoký. Cukernatost a výtěžnost bílého cukru je nízká. Výnos polarizačního i bílého cukru je vysoký. Obsah popelovin je vysoký až velmi vysoký a obsah škodlivého dusíku nízký až středně vysoký. V systému pěstování s fungicidním ošetřením je výnos kořene vysoký, cukernatost a výtěžnost bílého cukru je nízká až středně vysoká, výnos polarizačního i bílého cukru je středně vysoký až vysoký. Obsah popelovin je středně vysoký až vysoký a obsah škodlivého dusíku je nízký až středně vysoký (Hakaufová 2015).

4.5 Charakteristika odrůdy Aviso

Odrůda Aviso, firmy Maribo seed, je odrůdou tolerantní k rizománii N-NC typu. Proti napadení komplexem listových skvrnitostí je středně až méně odolná. Vyznačuje se vysokou odolností vůči vyběhání do květu a je vhodná k rané až středně pozdní sklizni. V systémech

pěstování bez využití fungicidních ošetření je výnos bulev středně vysoký, cukernatost, výnos polarizačního cukru, výtěžnost rafinády jsou středně vysoké až vysoké. Obsah nežádoucích popelovin je nízký až středně vysoký a obsah škodlivého dusíku je velmi nízký. V systému pěstování s fungicidním ošetřením jsou výnos kořene, cukernatost, výnos polarizačního cukru a výtěžnost středně vysoké až vysoké. Výnos rafinády je vysoký. Obsah popelovin je středně vysoký až vysoký a obsah dusíku je velmi nízký (Hakaufová 2016).

4.6 Charakteristika použitých přípravků

4.6.1 Charakteristika přípravků Terra - sorb foliar a Terra - sorb komplex

Terra - sorb přímo neobsahuje žádný z rostlinných hormonů, ani jejich přímé prekurzory. Aplikace tedy nezpůsobí nerovnováhu mezi auxiny, gibbereliny ani citokininy, ale přirozeně přispívá k jejich aktivitě. Základní složkou Terra - sorbu jsou volné L - alfa aminokyseliny, které jsou získávány enzymatickou fermentativní hydrolýzou (Kuthan 2013). Aminokyseliny jsou základní složkou bílkovin a svým působením mají vliv na vývoj rostlin (Ashmead 1986). Fermentativní hydrolýzou je získáno velké množství nepoškozených L - alfa aminokyselin, protože je destrukce bílkovin vyvolána pouze po peptidických vazbách. Tímto se liší od ostatních stimulantů, které jsou ve většině případech získávány alkalickou hydrolýzou nebo rozkladem bílkovin v kyselém prostředí. Vedle aminokyselin Terra - sorb obsahuje také mikroprvky zinek, mangan a bor, které jsou v rostlině mimořádně důležité pro aktivaci funkce enzymů. Tyto mikroprvky dodané společně s aminokyselinami pomůžou k lepšímu zabudování aminokyselin do buněčných struktur. Terra - sorb pomáhá k překonání stresových situací, přispívá k otevírání průduchů a podporuje aktivní fotosyntézu, zrychluje regeneraci rostlin díky bezprostřednímu využívání aminokyselin. Dále zlepšuje absorpci a pohyb látek v rostlině a podporuje jejich vstřebávání. Také stimuluje hormonální regulaci rostlin (Kuthan 2013). U ovoce a zeleniny mohou aminokyseliny působit jako prekurzory tvorby aromatických látek (Ashmead 1986).

Tabulka 9: Chemické vlastnosti přípravků Terra - sorb

	Terra - sorb foliar	Terra - sorb komplex
Volné aminokyseliny	9,3 %	20 %
Celkové množství dusíku	2,1 %	5,5 %
Množství organického dusíku	2,1 %	5 %
Magnézium	-	0,8 %
Železo	-	1,0 %
Mangan	0,04 %	0,1 %
Molybden	-	0,001 %
Zinek	0,07 %	0,1 %
Bor	0,02 %	1,5 %
Celkové množství org. látek	14,8 %	25 %

4.6.2 Charakteristika přípravku Blackjak

Blackjak je rostlinný biostimulátor na bázi huminových kyselin a fulvokyselin. Jedná se o patentovanou suspenzi, ve které jsou koncentrované huminové kyseliny přirozeně se vyskytující v přírodních látkách, které se formovaly po dlouhou dobu degradačního procesu rostlinných zbytků za částečně aerobních podmínek (Černý et al. 2018). Humáty jsou aktivovány jedinečnou nechemickou metodou vyvinutou v německých laboratořích. Zdrojem humátů je čistý přírodní leonardid těžенý v severní Dakotě po více než 50 let. Leonardid z této oblasti neobsahuje žádné patogenní kontaminace, má extrémně nízký obsah těžkých kovů a vysokou koncentraci huminových kyselin. Poskytuje tak nehomogennější surovinu pro výrobu přípravku Blackjak. Blackjak jako jediný přípravek obsahuje všechny humusové kyseliny. Vedle již zmiňovaných huminových kyselin a fulvokyselin obsahuje i ulminové kyseliny a další prospěšné živiny či mikroprvky, jako je organický dusík, draslík, fosfor, vápník, hořčík, zinek a měď.

Humáty ovlivňují v rostlině tvorbu mnohých enzymů. Ovlivňují již samotnou syntézu enzymů nebo jejich následnou aktivitu v rostlině. Mechanismus jejich působení je podobný jako u rostlinných polyfenolů. Tím je intenzifikace katalýzy mnohých enzymových systémů a nepřímá stimulace dýchání indukci dělením buněk a růstu. Příjem fenolových látek aktivuje rostlinu i za podmínek absence skutečných stresových faktorů a rostlina tak uplatní adekvátní protiopatření. Tímto trénováním může rostlina efektivněji reagovat proti skutečným stresovým faktorům. Dále huminové kyseliny nepřímo zvyšují turgor rostliny a proto je řepa ošetřená přípravkem Blackjak vždy vitálnější, zdravější a zelenější (ETIKETA).

Tabulka 10: Chemické a fyzikální vlastnosti přípravku Blackjak

Vlastnost	Hodnota
Huminové kyseliny (%)	19 - 21
Fulvokyseliny (%)	3 – 5
Organický uhlík (%)	16,8
Organický dusík (%)	0,34
Vápník (g.100 g)	0,47
Měď (g.100 g)	1,68
Zinek (g.100 g)	4,3
Fosfor (g.100 g)	2,13
Hořčík (g.100 g)	0,16
Draslík (g.100 g)	103
Hodnota pH	4,9 – 5,5

4.6.3 Charakteristika přípravků Lignohumát Max a Lignohumát Aktivátor

Lignohumát je huminový preparát obsahující huminové a fulvinové kyseliny, které slouží jako aktivátor metabolismu rostlin. Výchozí surovinou pro výrobu Lignohumátu je dřevní hmota lignosulfonát, vznikající při výrobě celulózy. Huminové látky jsou získávány hydrolytickooxidačním rozkladem technických lignosulfonátů. Takto vyrobený Lignohumát obsahuje do 50 % huminových kyselin a přes 50 % fulvokyselin. Tímto poměrem mezi huminovými kyselinami a fulvokyselinami se Lignohumát přibližuje složení huminových látek obsažených v černozemi. Lignohumát dále obsahuje min 3 % síry a je obohacen o stopové prvky v chelátové formě: Mg, Si, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo.

Lignohumát zvyšuje aktivitu fotosystému a tvorbu chlorofylu. Od toho se odvíjejí i další efekty, jako je lepší zpracování živin přístupných z půdy pro rostlinu. Zvyšuje odolnost rostlin proti stresu, podporuje rozvoj kořenového systému a zvyšuje činnost mikroorganismů v půdě (Zedník 2015).

Lignohumát Aktivátor obsahuje 50 % Lignohumátu a 50 % extraktu z mořské řasy rodu *Ascophyllum nodosum*. Díky této řase je přípravek obohacen i o řadu přírodních aminokyselin, oligopeptidů a auxinů (Zedník 2015).

Tabulka 11: Fyzikální a chemické vlastnosti Lignohumát Aktivátor

Vlastnost	
Vlhkost	Max. 85 %
Spalitelné látky v sušině	Min. 55 %
Obsah huminových látek v sušině	Min. 7 %
Hodnota pH	6,5-9,8

Lignohumát Max je nejkonzentrovanejší produkt svého druhu na trhu. Lignohumát Max je vysoce koncentrovaný hnědočerný vodný roztok čistých huminových látek získaných konverzí vysoce jakostních technických lignosulfonátů. Vyznačuje se zvýšeným obsahem fulvokyselin a obsahem základních mikroelementů v chelátové podobě. Přípravek obsahuje minimálně 50 % vzácných fulvokyselin a dalších nízkomolekulárních látek huminového spektra (zdroj: www.amagro.com).

Tabulka 12: Fyzikální a chemické vlastnosti přípravku Lignohumát Max

Vlastnost	
Váhový podíl vlhkosti	Max. 80 %
Váhový podíl popelovin na sušinu	Max. 25,07 ± 0,25 %
Váhový podíl huminových a fulvových látek na sušinu	Min. 90 %
Váhový podíl solí vysokomolekulárních huminových kyselin na sušinu	Max. 50 %
Váhový podíl nízkomolekulárních částí a fulvových kyselin na sušinu	Min. 50 %
pH	9 - 10
Optická hustota 0,02 % roztoku D400, D440	0,250 - 0,570
Váhový podíl celkové síry na sušinu	Min. 3 %
Stopově přítomné prvky v chelátové formě: Mg, Si, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo	

5 Výsledky

5.1 Vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy

Výnos cukrové řepy je výsledkem působení mnoha faktorů. Nepochybně je to vegetační doba, tedy čas, po který probíhá fotosyntéza. Cukrovka využívá velkou část vegetačního období, avšak na počátku své vegetace se musí vyrovnat s pomalým vývojem rostlin. Prodloužení vegetační doby se dá zajistit uspíšením setí na jaře. Jsou tu však rizika spojená s povětrnostními vlivy, především poškození mrazem (Pavlů & Chochola 2016). Povětrnostními vlivy je výnos cukrovky ovlivněn z 15 – 20 %. Nejvyšší vliv na výnos mají zejména podmínky stanoviště, a to až z 37 %. Dalšími 16 – 27 % se na výnosu podílí výběr odrůdy (Pulkrábek et al. 2018).

Roky 2016 a 2018, kdy byl realizován poloprovozní pokus, se svými podmínkami pro růst cukrové řepy výrazně lišily. Zatímco v roce 2016 nebyl porost po celou dobu vegetace vystaven výraznějším stresovým podmínkám, tak v roce 2018 byl vystaven dlouhotrvajícímu suchu, což se odrazilo i na celkovém výnosu bulev, chrástu, ale také kvalitě bulev. Kondice porostů v období sklizně se tedy výrazně lišila. Situaci v roce 2018 dokládá již jen deficience 228,7 mm srážek oproti roku 2016. V kombinaci s vysokými teplotami byla cukrovka vystavena značnému stresu suchem. V průběhu pokusných let jsme se tedy setkali se značně rozdílnými podmínkami během vegetace, a tím tak získali možnost porovnat výsledky jednotlivých variant v rozdílných podmínkách. Jednoznačným pozitivem je, že přípravky Terra - sorb komplex a Lignohumát Aktivátor dosáhly lepších výsledků v obou letech. Celkově větší rozdíly mezi ošetřenými variantami a variantou kontrolní ve výnosových a kvalitativních parametrech byly zaznamenány v roce 2018. Kvalitativní a výnosové výsledky jsou prezentovány v grafech (1 - 8) níže.

Obrázek 5: Stav porostu při sklizni 2016



Obrázek 6: Stav porostu při sklizni 2018



Tabulka 13: Vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2016

Varianta	Výnos bulev t.ha ⁻¹	Výnos chrástu t.ha ⁻¹	Cukernatost %	Alfa – amino-N mmol.100 g ⁻¹	Obsah draslíku mmol.100 g ⁻¹	Obsah sodíku mmol.100 g ⁻¹	Výnos bílého cukru t.ha ⁻¹	Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost t.ha ⁻¹
Kontrola	95,28 A	45,00 A	19,17 A	1,16 A	3,79 A	0,36 A B	16,58 A	114,16 A
Terra – sorb foliar	95,00 A	45,56 A	19,02 A	1,25 A	3,61 A	0,41 B	16,37 A	112,93 A
Terra – sorb komplex	96,11 A	46,39 A	19,33 A	1,13 A	3,75 A	0,37 A B	16,84 A	116,11 A
Blackjak	95,65 A	42,59 A	19,11 A	1,03 A	3,80 A	0,36 A	16,55 A	114,24 A
Lignohumát Max	94,54 A	42,50 A	19,23 A	0,99 A	3,79 A	0,34 A B	16,48 A	113,63 A
Lignohumát Aktivátor	96,85 A	44,07 A	19,14 A	1,08 A	3,86 A	0,40 A B	16,74 A	115,86 A
F-test	0,35	1,1	1,34	0,96	0,80	4,30	0,07	0,1
p (α)	0,8782	0,3933	0,2908	0,4681	0,5665	0,0095	0,9960	0,9918
d α.min	22,269	6,8064	0,369951	0,59588	0,41959	0,0630838	2,6514	17,9685

Tabulka 14 : Vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy – uvedeno relativně v % kontroly

Varianta	Výnos bulev	Výnos chrástu	Cukernatost	Alfa – amino-N	Obsah draslíku	Obsah sodíku	Výnos bílého cukru	Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost
Kontrola	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Terra – sorb foliar	99,71	101,23	99,22	107,54	95,25	1013,89	99,06	98,28
Terra – sorb komplex	101,17	103,09	100,82	96,98	98,94	101,39	101,86	102,67
Blackjak	100,39	94,64	99,69	88,79	100,26	100,00	99,82	100,07
Lignohumát Max	99,22	94,44	100,33	84,91	99,93	93,75	99,73	99,54
Lignohumát Aktivátor	101,95	97,94	99,82	93,32	101,91	111,11	101,23	101,04

Tabulka 15: Vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2018

Varianta	Výnos bulev t.ha ⁻¹	Výnos chrástu t.ha ⁻¹	Cukernatost %	Alfa – amino- N mmol.100 g ⁻¹	Obsah draslíku mmol.100 g ⁻¹	Obsah sodíku mmol.100 g ⁻¹	Výnos bílého cukru t.ha ⁻¹	Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost t.ha ⁻¹
Kontrola	63,24 A	15,46 A	21,17 C	4,07 A	2,90 A	0,83 A B	12,16 A	98,93 A
Terra – sorb foliar	65,46 A	20,00 A	20,26 A B C	4,14 A	3,60 B	0,74 A B	11,89 A	98,01 A
Terra – sorb komplex	77,41 A	22,12 A	19,70 A B	4,75 A	2,99 A	0,78 A B	13,69 A	95,35 A
Blacjak	64,26 A	18,70 A	19,52 A	4,29 A	2,90 A	0,60 A	11,37 A	78,64 A
Lignohumát Max	63,89 A	16,94 A	20,24 A B C	4,36 A	2,84 A	0,79 A B	11,76 A	81,26 A
Lignohumát Aktivátor	71,48 A	18,52 A	20,82 B C	4,24 A	3,15 A	1,00 B	13,41 A	93,17 A
F-test	1,37	1,27	5,4	0,75	5,19	2,59	0,80	0,93
p (α)	0,2831	0,3188	0,0033	0,5943	0,0040	0,0622	0,5658	0,4837
d α.min	21,7453	9,2657	1,22583	1,23297	0,559918	0,367848	4,7541	31,5354

Tabulka 16: Vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy – uvedeno relativně v % kontroly

Varianta	Výnos bulev	Výnos chrástu	Cukernatost	Alfa – amino- N	Obsah draslíku	Obsah sodíku	Výnos bílého cukru	Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost
Kontrola	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Terra – sorb foliar	103,51	129,34	95,69	101,60	124,267	88,86	97,80	99,25
Terra – sorb komplex	122,40	143,11	93,02	116,51	103,11	94,28	112,56	113,91
Blacjak	101,61	120,96	92,18	105,22	100,26	71,99	93,52	93,95
Lignohumát Max	101,03	109,58	95,60	107,00	98,19	94,88	96,75	97,08
Lignohumát Aktivátor	113,03	119,76	98,31	104,05	108,89	120,78	110,30	111,30

Tabulka 17: Vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy - průměr let 2016 a 2018

Varianta	Výnos bulev t.ha ⁻¹	Výnos chrástu t.ha ⁻¹	Cukernatost %	Alfa – amino- N mmol.100 g ⁻¹	Obsah draslíku mmol.100 g ⁻¹	Obsah sodíku mmol.100 g ⁻¹	Výnos bílého cukru t.ha ⁻¹	Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost t.ha ⁻¹
Kontrola	79,24 A	30,23 A	20,17 B	2,61 A	3,35 A	0,60 A B	14,37 A	98,93 A
Terra – sorb foliar	80,23 A	32,78 A	19,64 A B	2,70 A	3,61 A	0,58 A B	14,13 A	98,01 A
Terra – sorb komplex	86,76 A	34,26 A	19,52 A B	2,94 A	3,37 A	0,58 A B	15,27 A	105,73 A
Blackjak	79,96 A	30,65 A	19,32 A	2,66 A	3,35 A	0,48 A	13,96 A	96,44 A
Lignohumát Max	79,22 A	29,72 A	19,74 A B	2,68 A	3,32 A	0,57 A B	14,12 A	97,45 A
Lignohumát Aktivátor	84,17 A	31,30 A	19,98 A B	2,66 A	3,51 A	0,70 B	15,08 A	104,52 A
F-test	0,8	1,9	3,04	0,72	1,52	2,72	0,79	1,01
p (α)	0,5551	0,1158	0,0199	0,6095	0,2052	0,0325	0,5619	0,4257
d α.min	14,5382	5,2764	0,747244	0,63871	0,400614	0,187472	2,4800	16,5405

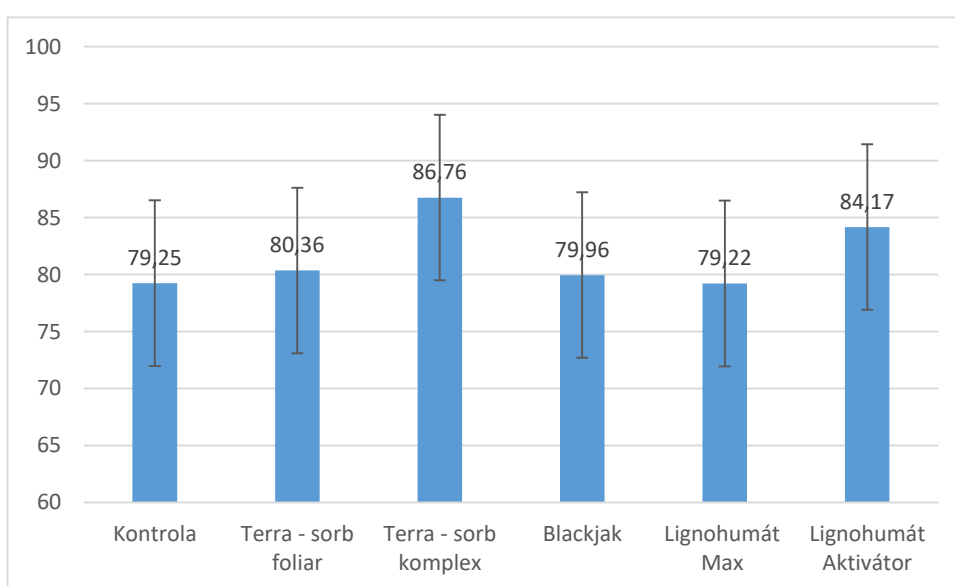
Tabulka 18: Vliv biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy – uvedeno relativně v % kontroly

Varianta	Výnos bulev	Výnos chrástu	Cukernatost	Alfa – amino- N	Obsah draslíku	Obsah sodíku	Výnos bílého cukru	Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost
Kontrola	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Terra – sorb foliar	101,24	108,44	97,37	103,06	107,77	96,64	98,33	99,07
Terra – sorb komplex	109,48	113,33	96,75	112,43	100,75	96,64	106,23	106,87
Blackjak	100,90	101,37	95,76	101,72	100,15	80,67	97,15	97,48
Lignohumát Max	99,96	98,31	97,84	102,29	99,10	94,96	98,26	98,50
Lignohumát Aktivátor	106,21	103,52	99,06	101,72	104,78	117,65	104,94	105,65

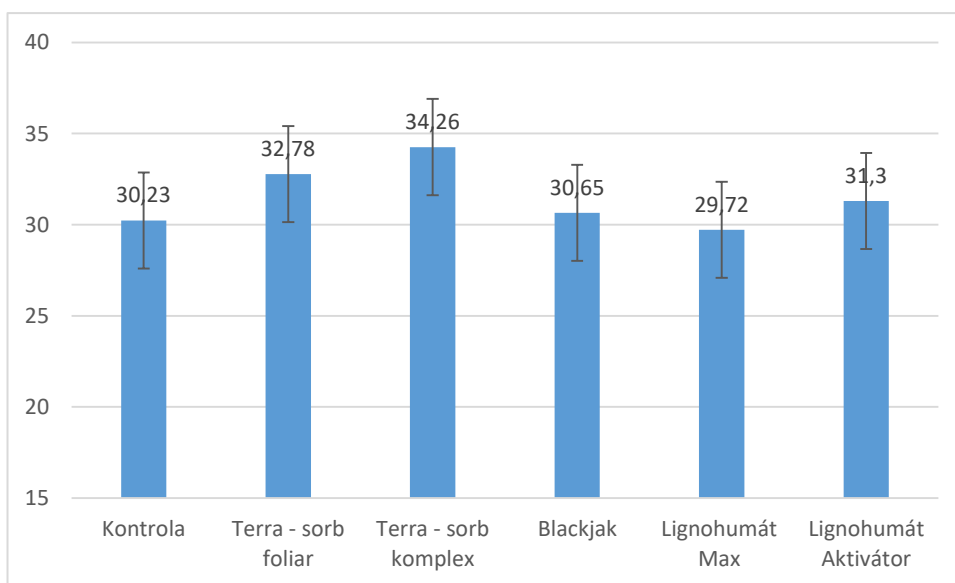
Následující grafy (graf 1 - 8) prezentují výsledky všech naměřených výnosových a kvalitativních parametrů, naměřených v pokusných letech 2016 a 2018. Naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány.

Graf č. 1 prezentuje výsledky působení biologicky aktivních látek na výnos bulev. Nejvyššího výnosu bulev dosáhla varianta pokusu ošetřená přípravkem Terra – sorb Komplex. Rozdíl oproti kontrolní variantě činí 7,51 t.ha⁻¹. To znamená nárůst výnosu o 9,48 %. Druhého nejvyššího výnosu bylo dosaženo u varianty s Lignohumátem Aktivátor. Zde nárůst výnosu činí 6,21 %. Další hodnoty zbývajících tří přípravků jsou velmi vyrovnané. Statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými variantami v porovnání s variantou kontrolní nebyl prokázán ani u jedné ošetřené varianty.

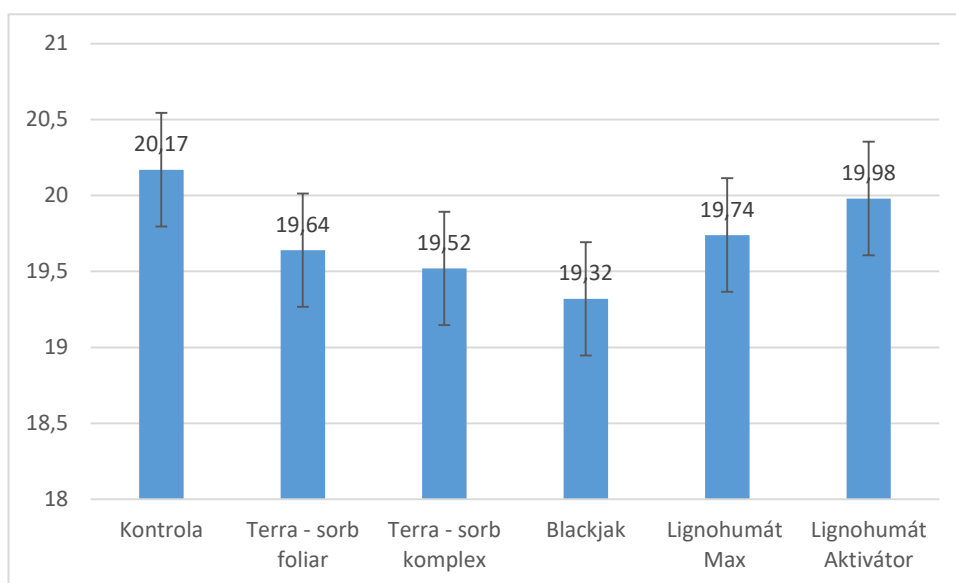
Graf 1: Vliv biologicky aktivních látek na výnos bulev (t.ha⁻¹)



Graf 2: Vliv biologicky aktivních látek na výnos chrástu (t.ha⁻¹)

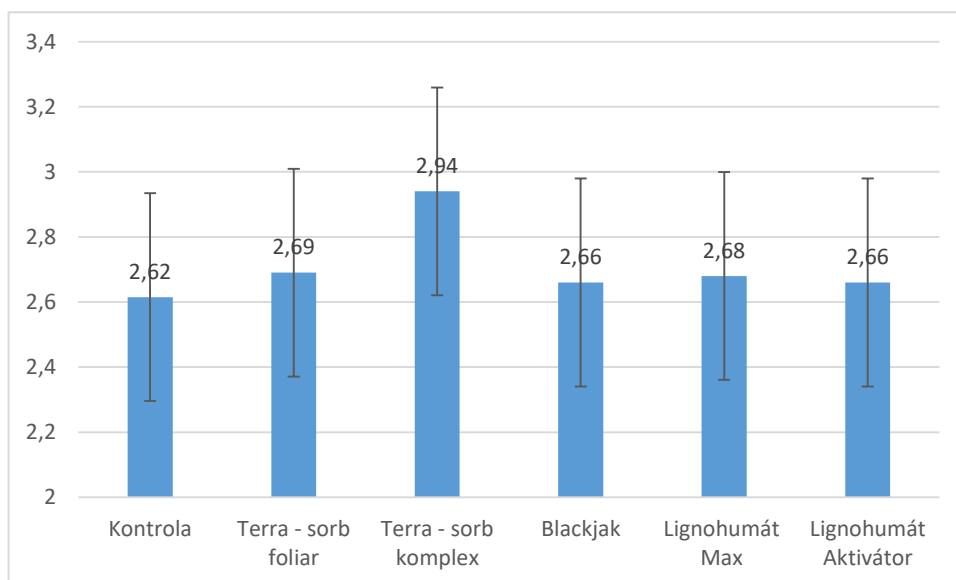


Graf 3: Vliv biologicky aktivních látek na cukernatost cukrové řepy (%)

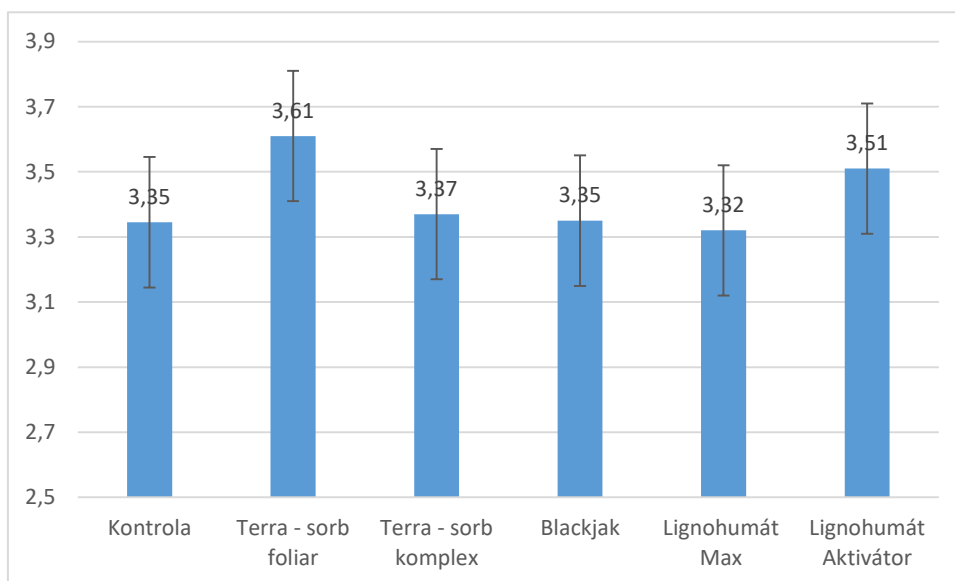


Průměrné hodnoty cukernatosti obou ročníků se pohybovaly v rozmezí od 19,32 % - 20,17 %, což jsou velmi vysoké obsahy, které byly dosaženy i přes relativně vysoký výnos bulev. V souběžném dosažení vysokého výnosu bulev a obsahu cukernatosti je třeba vidět velké pozitivum. Zvláště vysoké cukernatosti bylo dosaženo v roce 2018. Zde hodnota cukernatosti dosáhla až 21,17 %. Této hodnoty dosáhla varianta kontrolní.

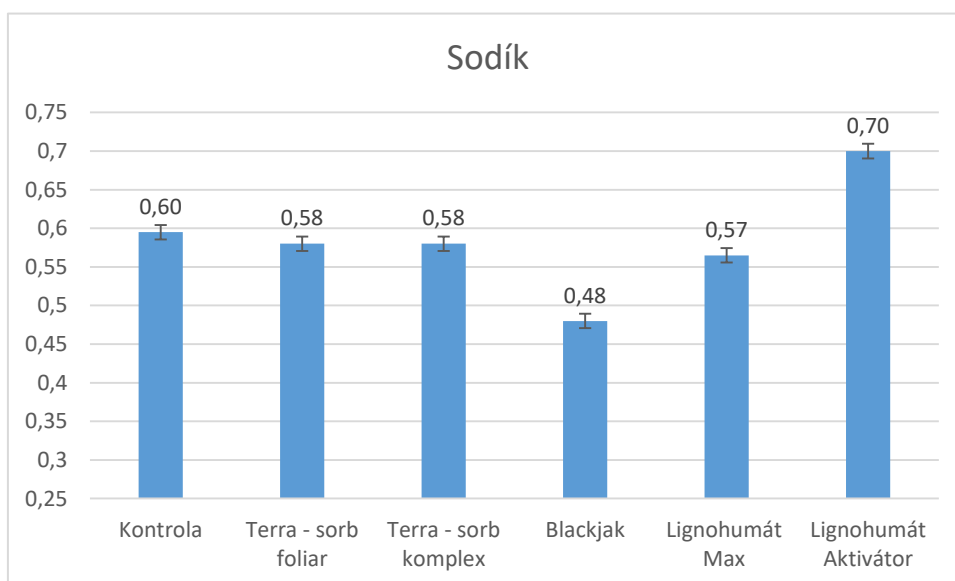
Graf 4: Vliv biologicky aktivních látek na obsah alfa - amino - N (mmol.100 g⁻¹)



Graf 5: Vliv biologicky aktivních látek na obsah draslíku ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)

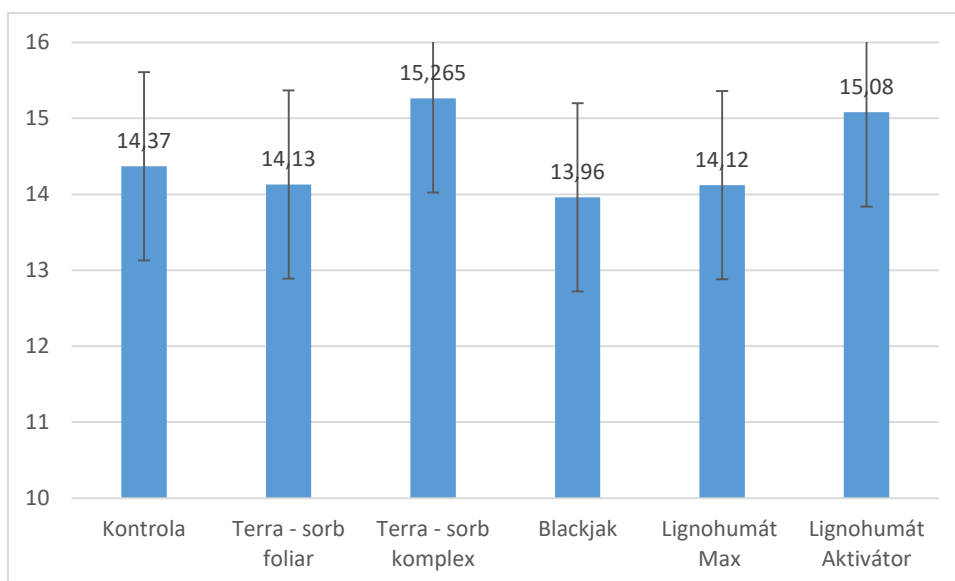


Graf 6: Vliv biologicky aktivních látek na obsah sodíku ($\text{mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)

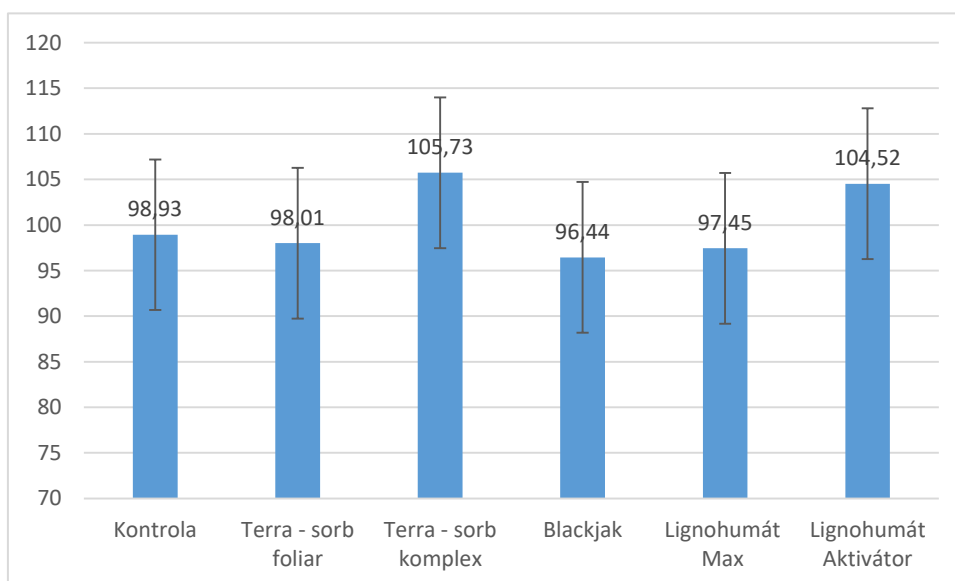


Grafy č. 4, 5 a 6 prezentují obsah melasotvorných látek obsažených v cukrové řepě. Z grafů je patrné, že obsah melasotvorných látek všech variant se pohybuje v nízkých koncentracích a splňuje tak požadavky na kvalitativní znaky.

Graf 7: Vliv biologicky aktivních látek na výnos bílého cukru ($t \cdot ha^{-1}$)



Graf 8: Vliv biologicky aktivních látek na výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost ($t \cdot ha^{-1}$)



Graf č. 8 prezentuje pro pěstitele cukrové řepy nejdůležitější ukazatel. Tím je výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost. Od této hodnoty se odvíjí cena cukrové řepy, kterou cukrovar pěstiteli vyplácí. Jednoznačně nejvyššího výnosu bylo dosaženo u varianty s aplikací přípravku Terra – sorb komplex ($105,73 t \cdot ha^{-1}$). Oproti kontrolní variantě, která dosáhla výnosu $98,93 t \cdot ha^{-1}$, činí nárůst výnosu $6,8 t \cdot ha^{-1}$, relativně o 6,43 %. Druhého nejvyššího výnosu dosáhla varianta s přípravkem Lignohumát Aktivátor. Zde bylo dosaženo výnosu $104,52 t \cdot ha^{-1}$. Oproti kontrolní variantě to činí nárůst o $5,59 t \cdot ha^{-1}$, relativně o 5,35 %. Varianty, kde se aplikoval přípravek Terra – sorb foliar, Blackjak a Lignohumát Max, dosahovaly mírně nižších výnosů než varianta kontrolní.

5.2 Ekonomické vyhodnocení efektivity aplikace biologicky aktivních látek

Tabulka 19: Ekonomické zhodnocení přínosu aplikace biologicky aktivních látek

Přípravek	Dávka l.ha ⁻¹	Cena přípravku Kč.l ⁻¹	Cena přípravku Kč.ha ⁻¹	Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost t.ha ⁻¹	Navýšení výnosu v porovnání s kontrolou t.ha ⁻¹	Cena za tunu cukrovky Kč.t ⁻¹	Navýšení tržeb Kč.ha ⁻¹	Zisk Kč.ha ⁻¹
Kontrola	-	-	-	98,93	-	700,-	-	-
Terra – sorb foliar	2	250,-	500,-	98,01	- 0,92	700,-	-	-
Terra – sorb komplex	1	318,-	318,-	105,73	+ 6,80	700,-	4 760,-	4 442,0,-
Blacjak	2	298,-	596,-	96,44	- 2,49	700,-	-	-
Lignohumát Max	0,8	360,-	288,-	97,45	- 1,48	700,-	-	-
Lignohumát Aktivátor	1,5	327,-	490,50,-	104,52	+ 5,59	700,-	3 913,-	3 422,5,-

Pozn.: Ceny přípravků jsou uvedeny bez DPH

Pozn.: Přípravky byly aplikovány společně s herbicidním a fungicidním ošetřením, proto cena aplikace nebyla započítávána

6 Diskuze

V současné době je na trhu nepřeberné množství přípravků označovaných jako regulátory růstu. Jsou nabízeny mnoha výrobci a distributory, kteří garantují pozitivní působení právě jejich přípravku na rostliny. Tyto látky mají rostlinám pomoci překonávat pro ně nepříznivá období, jako je vystavení stresovým podmínkám. Dalšími deklarovanými účinky je zlepšení zdravotního stavu rostlin, podpora jejich přirozených fyziologických funkcí. Mezi ty patří fotosyntéza, syntéza bílkovin a podpora buněčného dělení. Podpora právě těchto přirozených funkcí rostliny by měla přinést požadovaný intenzifikační efekt v pěstování plodin a požadovaný vyšší výnos. Většina těchto látek se vyrábí z přírodních zdrojů a obsahují tak přirozené nebo synteticky připravené rostlinné hormony. Z tohoto důvodu se často uvádí, že případná aplikace v nesprávný termín či při nesprávné vývojové fázi rostliny by neměla výsledný výnos negativně ovlivnit. Naopak Bezdíčková (2013, 2018) uvádí, že přílišná stimulace nebo pozdní aplikace stimulatorů růstu nemusí mít pozitivní dopad na výnos, ale může být i negativní. Proto je třeba znát detailně složení přípravků, jejich působení v rostlině a zajistit, aby byla aplikace správně zařazena do pěstitelských technologií. To může být příčinou rozdílných výsledků testovaných přípravků rostlin v pokusu i přesto, že byla splněna metodika garantována výrobcem.

Dosažené výsledky pokusu jsou mezi jednotlivými roky velmi variabilní. Potvrzuje to tak tvrzení Bajči et al. (1995), že povětrnostní podmínky ročníku představují velmi významný faktor, podílející se na tvorbě výnosu i kvalitativních parametrech. Mezi oběma pokusnými lety byly významné klimatické rozdíly a to se odrazilo nejen na výnosových parametrech, ale i na kvalitativních. Rozdílné výsledky v závislosti na aplikovaném přípravku a v závislosti na jednotlivém ročníku potvrzuje i Černý & Kovár (2015). Rok 2016 byl pro růst cukrové řepy povětrnostně mnohem příznivější, což dokládá analýza přiložených tabulek povětrnostních vlivů jednotlivých ročníků v předchozích kapitolách. Velký je rozdíl především v úhrnu srážek, které během vegetace byly porostu cukrové řepy k dispozici. V roce 2018 bylo dosaženo horších výnosových i kvalitativních výsledků. Navíc se mezi jednotlivými variantami pokusu projevíly značně větší rozdíly v kvalitativních parametrech.

Pokus v této diplomové práci ověřoval účinnost pěti vybraných přípravků na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy. Přípravky Terra – sorb jsou založené na bázi volných aminokyselin, které se v procesu výroby získávají fermentativní hydrolýzou. Kuthan (2013) uvádí, že aplikace aminokyselin je jedinečná díky jejich univerzálnosti použití. Neobsahují totiž žádný rostlinný hormon a nedochází tak k jejich nerovnováze v rostlině. Přípravky Blackjak a Lignohumáty obsahují huminové kyseliny. Jarošová et al., (2015) uvádějí pozitivní účinky Lignohumátů na fotosyntézu, intenzitu dýchání, tvorbu kořenového systému a biomasy. Další schopností huminových látek je snížení stresových podmínek indukovaných abiotickými stresory.

Nejlepších výsledků pokusu dosáhl jednoznačně přípravek Terra – sorb Komplex. Ve dvouletém pokusu dosáhl vyššího výnosu bulev oproti kontrole opakovaně a to v průměru

o 7,51 t.ha⁻¹. To znamená nárůst výnosu o 9,48 %. Při přepočteném výnosu na 16% cukernatost činil nárůst výnosu 6,8 t.ha⁻¹, relativně o 6,43 %. Kontrolní varianta dosáhla při přepočteném výnosu na 16% cukernatost výnosu 98,93 t.ha⁻¹, zatímco ošetřená 105,73 t.ha⁻¹. To při ceně cukrové řepy 700 Kč.t⁻¹ znamenalo finanční nárůst tržeb z jednoho ha o 4 442 Kč oproti tržbám získaných z výnosu kontrolní varianty. K pozitivnímu vlivu přípravku Terra – sorb komplex dospěli také v letech 2012 – 2013 Černý & Kovár. Ti zaznamenali vyšší výnos v porovnání s kontrolou o 1,44 t.ha⁻¹, relativně o 1,80 %. Druhého nejvyššího výnosového výsledku dosáhla varianta přípravku Lignohumát Aktivátor. Zde nárůst výnosu bulev činil relativně 6,21 %. Výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost dosáhl 104,52 t.ha⁻¹. Oproti kontrole činil nárůst 5,59 t.ha⁻¹, relativně o 5,35 %. Ve finančním vyjádření tento nárůst výnosu znamená zvýšení tržeb o 3 422,5 Kč.

Pozitivní vliv přípravků na kvalitativní ukazatele, ale hlavně na cukernatost se v pokusných letech nepotvrdil. Zde ale může hrát roli negativní korelace vyššího výnosu za současného snížení cukernatosti v rámci růstu bulvy. Cukernatost, ale i další kvalitativní parametry, byly v obou letech u všech variant pokusu velmi vyrovnané a dosahovaly požadovaných hodnot kvality.

7 Závěr

V rámci diplomové práce byl rozpracován vliv biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy. Popsány byly mechanismy účinku biologických látek, možné reakce a působení na fyziologické pochody v rostlinách. V diplomové práci jsou uvedeny také abiotické vlivy prostředí na rostlinu, před kterými jsou látky schopné rostlinu bránit a pomoci jí s následky působení nežádoucích stresorů. Součástí práce je vyhodnocení dvouletého poloprovozního pokusu s přípravky obsahujícími biologicky aktivní látky. Testovanými přípravky byly Terra - sorb foliar, Terra - sorb komplex, Blackjak, Lignohumát Max a Lignohumát Aktivátor. U jednotlivých variant se posuzoval přínos aplikace těchto přípravků na výnosové a kvalitativní parametry.

Z dosažených výsledků vyplývá jednoznačně pozitivní vliv přípravku Terra – sorb komplex a Lignohumátu Aktivátor na výnosové ukazatele cukrové řepy. Aplikace těchto dvou přípravků se opakovaně projevila jako ekonomicky efektivní. Terra – sorb komplex dosáhl výnosu bulev přepočteného na 16% cukernatost 105,73 t.ha⁻¹. Oproti kontrolní variantě, kde bylo dosaženo výnosu 98,93 t.ha⁻¹, činil nárůst výnosu 6,8 t.ha⁻¹, relativně o 6,43 %. Při výkupní ceně cukrové řepy 700 Kč.t⁻¹ to znamená nárůst tržeb z jednoho hektaru o 4 442 Kč. U varianty ošetřené přípravkem Lignohumát Aktivátor činil výnos bulev přepočtený na 16% cukernatost 104,52 t.ha⁻¹. Oproti kontrole je to nárůst o 5,59 t.ha⁻¹, relativně o 5,35 %. Aplikace tohoto přípravku znamenala zvýšení tržeb z jednoho hektaru o 3 422,5 Kč. Přípravky Terra – sorb foliar, Blackjak a Lignohumát Max dosáhly mírně nižších výnosů než varianta kontrolní. V některých parametrech a variantách dosáhla kontrolní varianta lepších kvalitativních parametrů než varianty pokusu ošetřené biologicky aktivními látkami.

Na základě dosažených výsledků lze považovat Terra - sorb komplex a Lignohumát Aktivátor jako přípravky prospěšné v technologii pěstování cukrové řepy. Jejich aplikací byly navýšeny především výnosové parametry a tím tak zvýšeny příjmy z produkce. Aplikaci těchto přípravků tak lze doporučit k zařazení do agrotechnických opatření.

Z výsledků dalších variant je však patrna důležitost dalšího výzkumu vlivu biologicky aktivních látek na výnosové a kvalitativní parametry zemědělských plodin. Především je třeba zaměřit výzkum na vhodnou dobu aplikace přípravků vzhledem k vývojové fázi rostliny a povětrnostním vlivům.

Stanoviska k výzkumným hypotézám:

1) Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy příznivě ovlivňuje výnosové ukazatele cukrové řepy.

Hypotéza byla potvrzena u přípravků Terra – sorb komplex a Lignohumát Aktivátor. U přípravků Terra- sorb foliar, Blackjak a Lignohumát Max se zvýšení výnosových parametrů cukrové řepy v pokusných letech nepotvrdilo.

2) Využití biologicky aktivních látek v technologii pěstování cukrové řepy příznivě ovlivňuje kvalitativní ukazatele cukrové řepy.

Tato hypotéza nebyla potvrzena. U kvalitativních ukazatelů byly ve všech ročnících naměřeny velmi srovnatelné hodnoty. U sledovaných přípravků se nepotvrdil významněji pozitivní vliv biologicky aktivních látek na kvalitativní ukazatele cukrové řepy. Kontrolní varianta měla v řadách případů lepší hodnoty kvalitativních ukazatelů než varianta ošetřená biologicky aktivními látkami.

3) Aplikace biologicky aktivních látek je ekonomicky efektivní.

Hypotéza byla částečně potvrzena. Ekonomický přínos aplikace biologicky aktivních látek se potvrdil u varianty s aplikací přípravků Terra – sorb komplex a Lignohumát Aktivátor. Aplikace přípravků Terra – sorb foliar, Blackjak a Lignohumát Max v pokusných letech požadovaný ekonomický přínos nepřinesly.

8 Seznam literatury

1. Argueso CT, Ferreira FJ, Kieber JJ. 2009. Environmental perception avenues: the interaction of cytokinin and environmental response pathways. *Plant Cell & Environment* **32**: 1147–1160.
2. Ashmead HD. 1986. Foliar Frediny of plants with Amino Acid chelates. Nozes Publications. New Jersey.
3. Bajči P, Pačuta V, Černý I. 1997. Cukrová repa 1. vyd. Nitra: Úvtip Noi, Nitra.
4. Benc S, Lapár M. 1960. Cukrová repa. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry. Bratislava.
5. Bezdíčková A. 2013. Možnosti uplatnění biostimulátorů v technologii pěstování obilnin. *Agromanuál: Profesionální ochrana rostlin* 8: 90-92.
6. Bezdíčková A. 2018. Možnosti využití biostimulátorů pro stabilizaci výnosů obilnin. Odeon. Praha. Available from: <https://www.agromanual.ct/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/moznosti-vyuziti-biostimulatoru-pro-stabilizaci-vynosu-obilnin> (accessed February 2019).
7. Bianco MS, CecílioFilho AB, De Carvalho LB. 2015. Nutritional status of the cauliflower cultivar Verona grown with omission of out added macronutrients. *Plos One* 10(4): e0123500.
8. Bittner V. 2012. Škodliví činitelé cukrové řepy – abiotická poškození: Poruchy ve výživě cukrovky. *Listy cukrovarnické a řepařské* 128: 56-58.
9. Bittner V. 2012. Škodliví činitelé cukrové řepy – abiotická poškození: Poškození cukrovky herbicidy. *Listy cukrovarnické a řepařské* 128: 98- 100.
10. Bittner V. 2012. Škodliví činitelé cukrové řepy – abiotická poškození: Poškození cukrovky vlivy počasí. *Listy cukrovarnické a řepařské* 128: 14-16.
11. Bláha L. 2003. Rostlina a stres. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha.
12. Bláha L, Hnilička F, Martínková J. 2010. Současné možnosti fyziologie a zemědělského výzkumu přispět k produkci rostlin (vybrané kapitoly). VÚRV. Praha.
13. Bretschneider R. 1969. Technologie cukru (suvárna a rafinérie). Nakladatelství technické literatury. Praha.
14. Brown PH, Bellaloui N, Wimmer MA, Bassil ES, Ruiz J, Hu H. 2002. Boron in plant biology. *Plant Biology* **4**: 205-223.
15. Cakmak I, Yazici AM. 2010. Magnesium: a forgotten element in crop production. *Better Crops* 94:23–5.
16. Camacho-Cristóbal JJ, Rexach J, González-Fontes A. 2008. Boron in plants: deficiency and toxicity. *Journal of Integrative Plant Biology* **50**:1247–1255.
17. Colla G, Rouphael Y. 2015. Biostimulants in Horticulture. *Scientia Horticulturae* **196**: 1-2.
18. Cooke DA, Scott RK. 1993. The Sugar beet crop: science into practice. Chapman & Hall New York.
19. Czuba R. 1993. Regeneration of soil strongly exhausted from nutrients (in Polish). *Roczn. Glebon* **44**: 57-64.

20. Černý I, Kovár M. 2015. Analýza vplyvu stimulačne pôsobiacich prípravkov na produkčné parametre repy cukrovej a plodiny zastúpenej v osevnom postupe. Listy cukrovarnícké a řepařské **131**: 188-191
21. Černý I, Pačuta V, Ernst D, Gažo J. 2018. Tvorba úrody a cukornatosti repy cukrovej v závislosti od ročníka a foliárnej aplikácie biologicky aktívnych látok a hnojív. Listy cukrovarnícké a řepařské **134**: 141-145.
22. Davies PJ. 2010. The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence, and Functions Plant hormones. Pages 1-15 in Davies PJ editor. Biosynthesis, signal transduction, action! Springer. Dordrecht.
23. Draycott PA, Christenson DR. 2003. Nutrients for sugar beet production soil-plant relationships. CABI Publishing. Wallingford.
24. Eichert, T, Goldbach HE. 2008. Equivalent pore radii of hydrophilic folia uptake routes in stomatous and astomatous leaf surfaces – further evidence for a stomatal pathway. *Physiologia Plantarum* **132**: 491-502.
25. Etiketa prípravku Blackjak. Available from: <https://asra.sk/blackjak> (accessed January 2019).
26. García MJ, Romera FJ, Lucena C, Alcántara E, Pérez-Vicente R. 2015. Ethylene and the Regulation of Physiological and Morphological Responses to Nutrient Deficiencies. *Plant Physiology* **169**: 51–60.
27. Gebler J, Kožnarová V, Hájková L. 2018. Zpráva o cukrovarnícké kampani 2017/2018 v České republice. Listy cukrovarnícké a řepařské **134**: 254 - 259.
28. George EF, Hall MA, Gert- Jan De Klerk. 2008, Plant Growth Regulators II: Cytokinins, their Analogues and antagonists. Pages 205-222 in George EF, Hall MA, Gert- Jan De Klerk, editors. Plant propagation by Tissue Culture 3rd Edition. Springer.
29. Grzegorzewski K, Ciećko Z, Szostek R. 2017. Influence of mineral fertilisation on the yield and macroelement content in sugar beet. *Acta Agrophysica* **24**: 221-237,
30. Gurele E, Wren J. 1995. In Vitro Development from Leaf Explants of sugar beet (*Beta vulgaris L*), Rhizogenesis and the Effect of Sequential Exposure to Auxin and Cytokinin. *Annals of Botany* **75**: 31-39.
31. Hakaufová L. 2015. Odrůdy cukrovky registrované v roce. Listy cukrovarnícké a řepařské **131**: 46- 50.
32. Hakaufová L. 2016. Odrůdy cukrové řepy registrované v roce 2016. Listy cukrovarnícké a řepařské **132**: 47 – 53.
33. Han G-Z. 2016. Evolution of jasmonate biosynthesis and signaling mechanisms. *Journal of Experimental Botany* **68**: 1323–1331.
34. Han X, Zeng H, Bartocci P, Fantozzi F, Yan Y. 2018. Phytohormones and Effects on Growth and Metabolites of Microalgae: A Review. *Fermentation* **25**: 1-15.
35. Haberle J, Trčková M, Růžek P. 2008. Příčiny nepříznivého působení vlivu sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití živin obilninami a možnosti jeho omezení. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha.
36. Hejtnák V, et al. 2007. Fyziologie rostlin. Česká zemědělská univerzita. Praha.
37. Hergert GW. 2010. Sugar Beet Fertilization. *Sugar Tech* **12**: 256–266.
38. Hildebrandt TM, Nunes Nesi A, Araujo WL, Braun H-P. 2015. Amino Acid Catabolism in Plants. *Molecular Plant* **8**: 1563-1579.

39. Hluchý M. 2009. Vývoj a současnost ekologického vinohradnictví na jižní Moravě. *Vinařský obzor* **102**: 35-41.
40. Hoffman ChM. 2010. Root Quality of Sugarbeet. *Sugar Tech* **12**: 276–287
41. Hooley R. 1994. Gibberellins: perception, transduction and responses. *Plant Molecular Biology* **26**: 1529-1555 *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **353**: 1439–1444.
42. Hošna J, Duchek L. 2013. Společnost NOVUM CZech představila novou řadu biostimulačních přípravků firmy AgriTecnoFertilizantes ze Španělska. *Agromanuál: Profesionální ochrana rostlin* **8**: 52 - 53.
43. Hrabě F. 2006. Trávníkářská ročenka 2006. Ing Petr Baštan. Olomouc
44. Hřivna L, Borovička K, Bízík J, Veverka K, Bittner V. 2003. Komplexní výživa cukrovky. Danisco.
45. Hřivna L, Chodurová M, Burešová I. 2012. Dynamika růstu a změny kvality cukrovky po mimokořenové výživě. *Listy cukrovarnické a řepařské* **128**: 184-192
46. Hussain S., Saleem MF, Ashraf MY, Cheema MA, Haq MA. 2010. Abscisic acid, a stress hormone helps in improving water relations and yield of sunflower (*Helianthus annuus L.*) hybrids under drought. *Pakistan Journal of Botany* **42**: 2177-2189.
47. Chochola J. 2010. Průvodce pěstováním cukrové řepy. KWS Osiva Řepařský institut Semčice. Available from: <http://www.semčice.cz/pruvodce.pdf> (accessed November 2018).
48. Jarošová M, Klejdus B, Kováčik J, Babula P, Hedbavny J. 2016. Humic acid protects barley against salinity. *Acta Physiologiae Plantarum* **38**: 161.
49. Jůzl M, Pulkrábek J, Diviš J, et al. 2000. Rostlinná výroba 3, Okopaniny. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno.
50. Kering KM, Broderick C. 2018. Potassium and Manganese Fertilization and the Effects on Millet Seed Yield, Seed Quality, and Forage Potential of Residual Stalks. *Agricultural Sciences* **9**: 888-900.
51. Kováčik P, Šimanský V, Wierzbowska J, Renčo M. 2016. Impact of foliar application of biostimulator Mg-Titanit on formation of winter oilseed rape phytomass and its titanium content. *Jornal of Elementology* **21**: 1235-1251.
52. Křepelka J. 2010. Pomocné rostlinné přípravky v praxi. Profi Press. Praha. Available from: <https://zemedelec.cz/pomocne-rostlinne-pripravky-v-praxi/> (accessed February 2019).
53. Kudo T, Kiba T, Sakakibara H. 2010. Metabolism and long-distance translocation of cytokinins. *Journal of Integrative Plant Biology* **52**: 53–60.
54. Kurus J. 2006. Content of some nutrients and mineral components in sugar beet depending on nitrogen fertilization and methods of weed control (in Polish). *Acta Agrophysica* **8**: 671-680.
55. Kuthan A. 2013. Aminokyseliny a stimulace polních plodin. *Agromanuál: Profesionální ochrana rostlin* **8**: 80 - 81.
56. Leghari SJ, Wahocho NA, Laghari GM, Talpur KH, Wahocho SA, Lashari AA. 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: a review. *Adv Environ Biol* **10 (9)**: 209-218.
57. Macháčková I. 1998. Růst a vývoj: růstové regulátory. Academia. Praha.

58. Mehrandish M, Moeini MM, Armin M. 2012. Sugar beet (*Beta vulgaris L.*) response to potassium application under full and deficit irrigation. *European Journal of Experimental Biology* **2**: 2113-2119.
59. Mohammadian R, Moghaddam M, Rahimian H, Sadeghian SY. 2005. Effect of early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **29**: 357-68.
60. Minx L, Diviš J, Jihočeská univerzita - Zemědělská fakulta, Vysoká škola polnohospodářská v Nitre - Agronomická fakulta, Vysoká škola zemědělská v Brně - Agronomická fakulta. 1994. Rostlinná výroba III (okopaniny). Agronomická fakulta VŠZ. Praha.
61. Oldfield JFT. 1974. Quality requirements for economic processing in the factory. In *Proceeding of the 37th Winter congress of the International Institute for Sugar Beet Research*. Bruxelles.
62. Pačuta V, Molnárová J, Černý I, Kašičková I, Buday M. 2014. Yield, sugar content and polarized sugar yield formation in relation to variety and leaf biopreparations. 49. hrvatski i 9. međunarodni simpozij agronoma: 407-411.
63. Pavlů K, Chochola J. 2016. Vliv termínu setí a sklizně na výnosy cukrové řepy. *Listy cukrovarnické a řepářské* **132**: 216-223.
64. Pelikán M, Hřivna L a Humpola J. 1999. *Technologie sacharidů*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno.
65. Petkeviviene B. 2009. The effects of climate factors on sugar beet early sowing timing. *Agronomy Research* **7**: 436-443.
66. Potop V, Türkott L. 2011. Variabilita výnosů cukrovky ve vztahu k suchým a vlhkým obdobím, *Listy cukrovarnické a řepářské* **127**: 338-342.
67. Procházka S. 1998. *Fyziologie rostlin*. Academia. Praha.
68. Pulkrábek J. Cukrovka- pěstitelský význam a využití. Available from: http://agrobiologie.cz/SMEP3/Okopaniny/okopaniny/php/skripta/kapitola1919.html?titul_key=5&idkapitola=16 (accessed November 2018).
69. Pulkrábek J. 2007. *Řepa cukrová: pěstitelský rádce*. Kurent. Praha.
70. Pulkrábek J, Šroller J. 1993. *Základy pěstování cukrovky*. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR v Praze. Praha.
71. Pulkrábek J, Švachula V, Křivánek J. 2008. Změny v produkci cukrovky vlivem počasí. *Listy cukrovarnické a řepářské* **124**: 262-266.
72. Pulkrábek J, Šroller J, Švachula V, Jozefyová L, Vašák J. 2000. Několik současných pohledů na české zemědělství a řepářství. Available from: <http://www.agris.cz/clanek/83470> (accessed September 2018).
73. Pulkrábek J, Urban J. 2015. *Začlenění podzimního hlubokého kypření půdy a kypření za vegetace do půdoochranné technologie pěstování cukrové řepy: certifikovaná metodika*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
74. Pulkrábek J, Urban J, Pazderů K, Švachula. 2011. Pěstování cukrové řepy a její vliv na životní prostředí. *Listy cukrovarnické a řepářské* **127**: 57-62.
75. 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**: 367-371.

76. Razmjoo K, Heydarizadeh P, Sabzalian MR. 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomile*. *International Journal of Agriculture and Biology* 10: 451–454.
77. Rhodes D, Nadolska-Orczyk, A. 2001. Plant Stress Physiology. *Encyclopedia of life sciences*. <http://www.els.net>
78. Richter R. 2004. Multimediální učební texty z výživy rostlin. Available from: www.web2.mendelu.cz (accessed December 2018).
79. Richter R, Hřivna L. 2008. Význam mimokořenové výživy rostlin. Profi Press. Praha. Available from: <http://zemedelec.cz/vyznam-mimokorenovy-vyzivy-rostlin/> (accessed November 2018).
80. Rybáček V. 1985. Cukrovka. SZN. Praha.
81. Ryant P. Zemědělství: část pedologie a výživa rostlin. Mendelova univerzita v Brně. Brno. Available: <http://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/index.pl?cast=71341> (accessed November 2018).
82. Sarker BC, Karmoker JL, Rashid P. 2010. Effects of phosphorus deficiency on anatomical structures in maize (*Zea Mays L.*). *Bangladesh Journal of Botany* 39: 57–60.
83. Scot R, Leonard S. 2006. New functions for amino acids: effects on gene transcription and translation. *American Journal of Clinical Nutrition* 83: 500-507.
84. Shane BT. 1999. Defoliants, Desiccants, and Growth Regulators Used on New Mexico Cotton Available from: http://aces.nmsu.edu/pubs/_a/a-217.html (accessed January 2019).
85. Smith C. 1995. Crop production: evolution, history, and technology. J. Wiley. New York.
86. Szczepaniak W, Gruebisz W, Barlóg P, Cyna K, Pepliński K. 2012. Effect of differentiated fertilizing system on nitrogen accumulation patterns during the growing season – sugar beet as an example. *Journal of Elementology* 17: 669-688.
87. Švachula V, Pulkrábek J, Šroller J, Zahradníček J. 2004. Kapitoly z historie řepářství. 1. část – Zrození českého řepářství a cukrovarnictví. *Listy cukrovarnické a řepářské* 120: 292-295.
88. Šetlík I, Seidlová F, Šantrůček J. 2004. Fyziologie rostlin. Biologická fakulta Jihočeské univerzity. Available from www.web.natur.cuni.cz/biochem/kucera/rostliny/is/fyzros.html (accessed February 2019).
89. Terry N, Ulrich A. 1973. Effects of Phosphorus Deficiency on the Photosynthesis and Respiration of leaves of sugar beet. *Plant Physiology* 51: 43-47.
90. Tugarinov LV, Alexejeva SV, Skrenževský SS. 2008. Lignohumát v zemědělství, rozsah použití. Státní zemědělská univerzita Petrohrad. Petrohrad.
91. Trnková J, Froněk D. 2017. SOT s cukrem na prahu bezkvótového období Část 1. Příprava, přijetí a zrušení kvótového systému. *Listy cukrovarnické a řepářské* 133: 217 - 221.
92. Upreti KK, Sharma M. 2016. Role of Plant Growth Regulators in Abiotic Stress Tolerance. Pages 19-46 in Srinivasa Rao NK, Shivashankara KS, Laxman RH, editors. *Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops*. Springer.

93. Urban, J. Pulkrábek J. 2018. Navýšení výnosu a jakosti cukrové řepy pomocí listové výživy a biologicky aktivních látek. *Listy cukrovarnické a řepařské* **134**: 188-194.
94. Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. Profi Press. Praha.
95. Wittwer SH, Teubner FG. 1959. Foliar absorption of mineral nutrients. *Plant. Physiology* **10**:13-30
96. Wolf N, Bruno A, Doris R, Sylvia K, Mechthild T, Kevin B, Wolf B. 1998. Amino acid transport in plants. *Trends in Plant Science* **3**: 188-195.
97. Woodward AW, Bartel B. 2005. Auxin: regulation, action, and interaction. *Annals of Botany* **95**: 707–735.
98. Wróbel S, Domaradzki K. 2006. Effect of combined foliar application of boron and manganese with herbicide on yield and chemical composition of sugar beet (in Polish). *Pam. Puł.* **142**: 585-593.
99. Yamane T. Sugar beet plant. *Encyclopedia Britannica*. Available from: <https://www.britannica.com/plant/sugar-beet> (accessed December 2018).
100. Zedník Z. 2015. Lignohumát – unikátní huminový preparát. Pages 202 – 206 in *Olejniny: sborník referátů z konference katedry rostlinné výroby ČZU v Praze*. Česká zemědělská univerzita v Praze Praha.