

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Vliv růstových stimulátorů na fyziologické charakteristiky
chmele otáčivého (*Humulus lupulus* L.)**

Diplomová práce

Autor práce: Václav Bazika

Vedoucí práce: doc. Ing. František Hnilička, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci "Vliv růstových stimulátorů na fyziologické charakteristiky chmele otáčivého (*Humulus lupulus* L.) 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 6. 4. 2016

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Františku Hniličkovi, Ph.D. za vždy velmi milý přístup, ochotu, trpělivost a cenné rady nejen při vypracování této práce. Dále bych rád poděkoval všem pracovníkům laboratoře V. F. Humulus Ltd, kteří mi vyšli vstříc při rozboru kvality chmelových hlávek.

Vliv růstových stimulátorů na fyziologické charakteristiky chmele otáčivého (*Humulus lupulus*L.)

Souhrn

Při pěstování Žateckého poloraného červeňáku je cílem dosáhnout co možná nejvyššího výnosu hlávek a vysokého obsahu α -kyselin. Průměrný obsah těchto kyselin se u žateckého chmele pohybuje v rozmezí 2,5 – 4,5 %. Snahou pěstitelů je dosahovat průměrného obsahu α -kyselin na horní úrovni tohoto rozmezí, neboť výsledná prodejní cena jedné tuny chmele se odvíjí právě od míry obsahu α -kyselin. Při aktivním růstu chmele se tak pěstitelům naskýtá možnost cílené stimulace rostlin ve snaze pozitivně ovlivnit fyziologické pochody a „donutit“ tak chmelové rostliny tvořit větší množství těchto pro nás cenných látek, proto cílem diplomové práce bylo stanovit vliv růstových stimulátorů na fyziologické charakteristiky chmele, na tvorbu výnosu a obsah α -kyselin a na základě výsledků vytipovat vhodnost využití stimulátorů růstu při intenzivním pěstování chmele. Na základě cílů byly navrženy následující vědecké hypotézy: zjištění existence rozdílů v reakci rostlin chmele na použitý stimulátor růstu. Pro splnění cílů práce a potvrzení či vyvrácení navržených hypotéz byl založen v přirozených podmínkách v katastrálním území Chrást'any u Rakovníka provozní pokus s rostlinami chmele Žateckého poloraného červeňáku (klon 72). Do pokusu byly zařazeny tyto stimulátory růstu: Humastar, Fertileader Vital, Lignoaktivátor. Schéma pokusu zahrnovalo čtyři varianty (jednu kontrolní a tři s aplikací výše uvedených stimulátorů). Kontrolní varianta byla bez aplikace těchto přípravků, na zbylé tři varianty byly aplikovány zmiňované přípravky ve třech opakováních, vždy na jednu variantu jeden konkrétní přípravek.

Vliv aplikace stimulátorů růstu na chmelové rostliny (vývojová fáze BBCH 37 – 81) byl sledován na základě změn rychlosti výměny plynů, fluorescence chlorofylu a obsahu chlorofylu v listech, které byly měřeny infračerveným analyzátozem plynů LCpro+ (ADC BioScientific Ltd. Hoddesdon, Velká Británie), OS 1-FL (OPTI SCIENCES), Chlorofyl CCM 200 ADC BioScientific Ltd. Hoddesdon, Velká Británie). Po sklizni pokusu byl vyhodnocen výnos chmelových hlávek a dále obsah α -kyselin, β -kyselin a obsah silic.

Měření fyziologických charakteristik se uskutečnilo v šesti opakováních v období od 7. 6. 2015 do 23. 8. 2015.

Ze získaných výsledků vyplývá, že nejvyšší průměrná hodnota transpirace byla zjištěna u stimulované varianty přípravkem Humastar (zvýšení o 18,3 % oproti kontrolní variantě). U

kontrolní varianty byla zjištěna nejnižší průměrná rychlost transpirace ze všech sledovaných variant. Nejvyšší navýšení průměrné rychlosti fotosyntézy bylo zaznamenáno u varianty Fertileader Vital (navýšení o 7 % oproti kontrolní variantě). U varianty Humastar bylo zaznamenáno snížení průměrné rychlosti fotosyntézy oproti kontrolní variantě o 17 %. Rozdíly byly zaznamenány i u hodnot fluorescence chlorofylu. Nejvyšší hodnotu Fv/Fm dosáhla varianta Fertileader Vital, konkrétně 0,792. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u varianty Lignoaktivátor 0,780. V souvislosti s aplikací stimulatorů růstu bylo u všech takto ošetřených variant zaznamenáno navýšení průměrného obsahu pigmentů v révových listech oproti kontrolní variantě. Nejvyšší obsah pigmentů byl zjištěn u varianty Fertileader Vital. Navýšení této varianty bylo o 19,2 % oproti kontrolní variantě. U kontrolní varianty bylo zjištěno 25,5 chlorofylmetrických jednotek. Rozdíly v odezvě na stimulaci růstu byly zaznamenány i v dosaženém výnosu a kvalitě chmelových hlávek. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo u varianty Lignoaktivátor ($0,73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), což je o 17,7 % více než u kontrolní varianty ($0,62 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Naopak u varianty Humastar bylo zaznamenáno snížení výnosu oproti kontrolní variantě o 8,1 % ($0,57 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Podobné trendy byly zaznamenány i u kvality sklizených hlávek, kdy nejvyššího obsahu α -kyselin bylo dosaženo u varianty Lignoaktivátor (3,06 %) a zároveň největšího obsahu silic na 100 g zkoušeného vzorku a to 0,22 ml. Naopak u varianty Humastar bylo dosaženo obsahu α -kyselin 2,18 % a obsahu silic $0,14 \text{ ml}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ vzorku. Tyto dvě hodnoty byly zároveň nejnižší ze všech sledovaných variant. Na základě výsledků pokusu lze konstatovat, že použité stimulatory růstu ovlivňují fyziologické pochody chmelových rostlin a zároveň mají vliv na výši výnosu a dosaženou kvalitu sklizených hlávek. Navržené hypotézy byly potvrzeny. Z výsledků jednoletých pokusů se jeví jako vhodnější využití přípravků Fertileader Vital a Lignoaktivátor než přípravku Humastar.

Klíčová slova: fotosyntéza, transpirace, α -kyseliny, stimulace růstu, *Humulus lupulus* L.

Influence of growth stimulators on physiological characteristics by hop plants (*Humulus lupulus* L.)

Summary

At growing Saaz variety is the target to reach the highest yield of hop's cones and high content of alpha acids. The average content of this acids in Saaz variety is in the range 2,5 – 4,5 %. The growers effort is to reach the higher number of this range because the final selling price is given by content of alpha acids. During the active growth of hops, grower can targeted stimulate the hops to positively affect the physiological processes. Then he can reach better yield of valuable alpha acids and that's why the target of this diploma thesis was to fix the influence of growth stimulators on physiological processes on the yield of hop's cones and the yield of alpha acids. And based on the results to identify the suitability of using growth stimulators during the intense hops growing. Following scientific hypothesis were designed: determine the plants reaction diversity on growth stimulator. For reaching the targets and confirm or reject the hypothesis was observed in natural conditions nearby the Chrastany region the plants of Saaz (clone 72) in interaction with the usage of growth stimulators. These stimulators were used: Humastar, Fertileader Vital, Lignoaktivátor. There were four variants: controled with no application and three other variants with usage of growth stimulators (for each variant were applied only one stimulator for three times).

The influence of growth stimulators on hops plants (phase BBCH 37 – 81) was observed on the basis of the rate of gas exchanges, chlorophyll fluorescence and the leaves chlorophyll content, which were measured by infrared gas analyzer LCpro+ (ADC BioScientific Ltd. Hoddesdon, Great Britain), OS 1-FL (OPTI SCIENCES), Chlorofyl CCM 200 ADC BioScientific Ltd. Hoddesdon, Great Britain) After the crop was evaluated the yield of hop's cones and the content of alpha acids, beta acids and essentials oils.

The results of measurement indicates that the highest average transpiration rate was observed after Humastar application (+18,3 % against control variant). In the control variant was found the lowest average transpiration rate from all variants. The highest photosynthesis rate was found after Fertileader Vital application (+7 % against control variant). Decrease of photosynthesis rate about 17 % against the control variant was observed after Humastar application. The differences was also observed in chlorophyll fluorescence. The highest Fv/Fm value reached the hop's plants after Fertileader Vital application, concretely 0,792. On the other hand the lowest Fv/Fm value was observed after Lignoaktivátor application (0,780).

After the application of all tested growth stimulators were reached increase of a pigment's content in hop's leaves against the control variant. The highest content of pigments were observed after Fertileader Vital application (+19,2 % against control variant). Control variant reached the average content of pigments in hop's leaves 25,5 chlorophyll units. Differences after the growth stimulation was also observed in yield and quality of dry hop's cones. The highest yield reached the Lignoaktivátor variant (0,73 t.ha⁻¹). This is an increase of 17,7 % against the control variant (0,62 t.ha⁻¹). The yield of hop's cones was decreased of 8,1 % against the control variant after Humastar application. The similiar trends were also observed in hop's cones quality. The highest content of alpha acids (3,06 %) was reached after Lignoaktivátor application and at the same time Lignoaktivátor variant also achieved the highest content of essentials oils per 100 g of a sample (0,22 ml). Humastar variant had the lowest content of alpha acids (2,18 %) and also the lowest content of essential oils (0,14 ml).

Based on the results it can be stated that the used growth stimulators had the influence on the physiological characteristics of hop's plants and also affected the different yield and quality of hop's cones. Proposed hypothesis were confirmed. Based on the one-year results, application of Fertileader Vital or Lignoaktivátor seems to be more profitable than Humastar application.

Keywords: photosynthesis rate, transpiration rate, alpha acids, growth stimulation, *Humulus lupulus* L.

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíle práce	2
3	Hypotézy	3
4	Literární přehled	4
4.1	Botanická charakteristika	4
4.1.1	Čeľad': Konopovité - <i>Canabaceae</i> ENDL	4
4.1.2	Chmel otáčivý	4
4.2	Historie pěstování chmele a pivovarnictví na Rakovnicku	8
4.2.1	Rakovnicko v 14. – 18. století	8
4.2.2	Rakovnicko v 18.-20. století	9
4.3	Současnost pěstování chmele	10
4.3.1	Legislativa v sektoru chmele	12
4.3.2	Chráněné označení původu „Žatecký chmel“	13
4.3.3	Chráněné zeměpisné označení „České pivo“	14
4.4	Technologie pěstování chmele	14
4.4.1	Pěstování na nízké konstrukci	14
4.4.2	Řez chmele	15
4.4.3	Výživa chmele	15
4.4.4	Závlaha chmele	18
4.4.5	Zelené hnojení	18
4.5	Fytohormony a ostatní podpůrné látky využívané v rostlinné výrobě	20
5	Metodika	25
5.1	Charakteristika rostlinného materiálu	25
5.2	Půdně klimatické charakteristiky	26
5.3	Založení pokusu	30
5.4	Měření fyziologických charakteristik	31
5.4.1	Stanovení výměny plynů	31
5.4.2	Stanovení fluorescence chlorofylu	32
5.4.3	Stanovení obsahu chlorofylu v listech	32
5.5	Stanovení výnosu a kvality chmelových hlávek	33
5.5.1	Stanovení obsahu alfa a beta hořkých kyselin metodou vysokotlaké kapalinové chromatografie (HPLC – EBC 7.7)	34
5.5.2	Stanovení obsahu a složení chmelových silic ve chmelu a chmelových extraktech	34
5.6	Statistické vyhodnocení	34
6	Výsledky	35
6.1	Měření fyziologických charakteristik	35

6.1.1	Rychlost transpirace	35
6.1.2	Rychlost fotosyntézy	38
6.1.3	Fluorescence chlorofylu	42
6.1.4	Obsah pigmentů.....	46
6.2	Výnos a kvalita chmelových hlávek	49
6.2.1	Výnos chmelových hlávek	49
6.2.2	Kvalita chmelových hlávek	50
7	Diskuze.....	52
7.1	Rychlost transpirace.....	52
7.2	Fotosyntéza	53
7.3	Fluorescence chlorofylu	55
7.4	Obsah pigmentů	56
7.5	Výnos a kvalita chmelových hlávek	57
7.6	Ekonomické vyhodnocení aplikace stimulatorů růstu	59
8	Závěr	60

1 Úvod

Chmel je na našem území pěstován již dlouhou řadu let a je velmi významnou exportní komoditou. Odrůda našeho Žateckého poloraného červeňáku je mezi pivovarníky považována za celosvětový standard kvality. V současné době jsme svědky toho, že i po pěstitelsky méně úspěšných letech dochází k významnému nárůstu obnovy chmelnic touto světově jedinečnou odrůdou. To samo již hovoří o neutichajícím zájmu českých chmelařů zásobovat trh nejjakostnějším chmelem. Zároveň však by měl být i spotřebitel informován o tom, že mu je nabízen právě tento chmel v pivu. Toto poselství je možné shrnout slovy našich předků, které zní: „Zachovej nám Bože věčný, žatecký chmel a slad ječný!“

Při pěstování chmele čelí pěstitelé nejednomu problému a musejí překonávat mnoho úskalí, aby se počátkem září mohli těšit z bohaté úrody. Obecně by měl být kladen důraz ne tak na vysazování zcela nových ploch, ale na obnovu starých porostů Žateckého poloraného červeňáku, kterých je v České republice stále převaha. Většina lokalit, kde se v současnosti chmel pěstuje, byly vybrány již dávno našimi předky a právě zde se žateckému chmelu nejvíce daří. V tomto ohledu lze spatřit možnost zvyšování výnosů a celkového objemu produkce českého chmele, při nejnižších nákladech na pěstování.

Největší chmelařskou oblastí je oblast Žatecká, která se nachází ve srážkovém stínu Krušných hor, kde průměrný úhrn srážek nedosahuje nárokům chmele. Z toho vyplývá, že využití doplňkové závlahy se jeví jako nutnost při intenzivním pěstování chmele. V současné době se na trhu objevují stimulatory růstu, které by rostlinám chmele měly pomoci snáze překlenout stresové období a stimulovat je k tvorbě výnosu a současně i kvality chmelových hlávek. Z těchto důvodů bylo cílem diplomové práce ověřit vliv exogenně aplikovaných stimulatorů růstu na vybrané fyziologické charakteristiky chmele, tvorbu výnosu a utváření alfa hořkých kyselin.

2 Cíle práce

Chmel otáčivý je velmi významnou exportní komoditou českého zemědělství a při současných výkupních cenách i ekonomicky velmi zajímavou plodinou. Jedním z limitujících faktorů dosažení stabilních výnosů bez meziročních propadů je skutečnost, že v ČR je téměř 70 % ploch chmele starších patnácti let. Obnova chmelnic a použití stimulantů růstu na mladé rostliny chmele před dosažením plné plodnosti by mělo zlepšit jejich fyziologické charakteristiky a tím navýšit tvorbu výnosu a současně zlepšit ekonomiku pěstování chmele.

Cílem diplomové práce je:

- a. Stanovit vliv exogenně aplikovaných stimulantů růstu na rychlost výměny plynů, fluorescenci chlorofylů, obsah pigmentů,
- b. stanovit vliv stimulantů růstu na výnos a obsah alfa hořkých kyselin,
- c. na základě fyziologické reakce na aplikaci stimulantů růstu, porovnání výnosu a kvality sklizených hlávek vytipovat vhodnost použití stimulantů růstu.

3 Hypotézy

Byly stanoveny tyto hypotézy:

- a. Existují rozdíly v reakci rostlin chmele na použitý stimulátor růstu a ovlivňují použité stimulátory růstu fyziologické charakteristiky chmele,
- b. bude dosaženo navýšení výnosu a zlepšení kvality chmelových hlávek po aplikaci konkrétního stimulátoru růstu?

Chmel otáčivý byl vybrán proto, že se jedná o významnou plodinu tradičně pěstovanou na území ČR a při jejím pěstování se naskytuje možnost aplikovat stimulátory růstu pro zlepšení kondice rostlin, překlenutí stresového období, stimulaci výnosu a zlepšení kvality sklizeného produktu.

4 Literární přehled

4.1 Botanická charakteristika

4.1.1 Čeleď: Konopovité - *Canabaceae* ENDL

Obecně zástupci čeledi konopovité jsou jednoleté až vytrvalé byliny s přímou nebo ovíjivou lodyhou. Listy mají vstřícné, v horní části lodyhy někdy střídavé, řapíkaté, dlanitě složené až celistvé, s palisty. Květy jsou velmi drobné, jednopohlavné, většinou dvoudomé vzácně jednodomé, ve vrcholičnatých květenstvích. Prašníkové květy mají pět volných okvětních lístků a pět epitepalních tyčinek, pestíkové květy s nepatrným srostlým okvětím (vzácně chybí) a s jednopouzdrým, jednovaječným semeníkem, čnělka chybí, blizny jsou 2, nitkovité, delší než semeník, vajíčko příčné, dvouobalné. Plodem je nažka. Semena se srpovitě až spirálně stočeným zárodkem, endosperm nepatrný. Čeleď konopovité zahrnuje dva rody s šesti druhy (Hejný et al., 1988).

4.1.2 Chmel otáčivý

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) patří do čeledi konopovité (*Cannabaceae* ENDL.). Chmel je vytrvalá bylina, zpravidla se silným svislým oddenkem a hojnými podzemními výhonky. Rostlina tvoří vytrvalé pravotočivé liány. Z obr. 1 je patrné, že lodyha je mohutná, až 10 m vysoká, pevná, drsná. Listy ve střední části lodyhy vstřícné dlouze řapíkaté, čepel v obrysu vejčité až okrouhlá, dlanitě 3 – 5 klaná až 3 – 5 dílná, 5 – 20 cm dlouhá a 5 – 22 cm široká s laloky na vrcholu špičatými, na bázi hluboce srdčité, na okraji hrubě osinkatě pilovitá, na svrchní straně tmavě zelená, drsná, na spodní straně světleji zbarvená, s roztroušenými žlutými žlázkami, ± hladká, řapík 4 – 10 cm dlouhý, drsný, palisty vejčité, až 1,5 cm dlouhé, na bázi ± srostlé, listy v horní části lodyhy často střídavé, menší, většinou celistvé nebo laločnaté, vejčité 4 - 9,5 cm dlouhé a 3,5 - 9,5 cm široké, hrubě osinkatě pilovité. Prašníkové květy mají okvětní lístky 2,0 – 3,5 mm dlouhé a 0,7 – 1,9 mm široké, žlutavě zbarvenými, za květu široce rozevřenými. Pestíkové květy v hustých svazečcích s dlouze vyčnívajícými, listeny za květu zelenavé až žlutavě zelenavé, vejčité, na vrcholu špičaté, celokrajné, jemně krátce žláznaté chlupaté, především v dolní polovině na vnitřní straně (pohárkovité lupulinové žlásky). Z plodu vznikají šišticovitá převislá plodenství až 6 cm dlouhá s nápadně zvětšenými, až 2 cm dlouhými, nesouměrnými, suchomázdřitými, žlutavě zbarvenými listeny. Nažky jsou vejcovité, z obou stran zploštělé 2 – 3,4 mm dlouhé a 1,5 – 2,5 mm široké, žlutavě hnědé až hnědé, u kulturních forem často nedovyvinuté nebo zcela chybějí (Hejný et al., 1988).



Obr. 1: Habitus chmelové rostliny (foto autor)

Podle Rybáčka et al. (1980) vytváří chmel každoročně velké množství nadzemní hmoty a má mohutný vzrůst, má mohutně vyvinutý kořenový systém, který musí stačit zásobovat nadzemní část rostliny všemi potřebnými živinami a vodou (obr. 2). V případě, že jsou rostliny přestárlé, dochází u nich ke snížení výnosu a je nutné kulturu obměnit za nové rostliny. Obměna kultury by měla proběhnout nejpozději jednou za dvacet let, což odpovídá každoroční obměně 5 % ploch (Bazika, 2013).

Vent et al. (1963) konstatují, že u dospělé rostliny je vyvinuto osm až dvanáct silně rozvětvených hlavních kořenů, které jsou kryty silnou korovou vrstvou. Kořeny vyrůstají na bázi několikaletého zkráceného oddenku, zvaného „babka“, který každoročně přirůstá a stárím velmi silně dřevnatí. Babka přirůstá v prvním roce po vysazení chmele zpočátku pomalu a teprve po vytvoření mohutnější nadzemní části rostliny je její tloušťka intenzivnější. Sekundární přírůstek babky vzniká činností kambia a je největší v počátečních fázích života chmelové rostliny (3. – 4. rok). V dalších letech se přírůstky zmenšují. Babka vytrvává průměrně u rostlin v kultuře 20 – 25 let. Podle těchto autorů zasahují hlavní křbové kořeny našeho kulturního chmele velmi hluboko do spodních vrstev půdy, v propustných půdách s nízkou hladinou spodní vody až do hloubky 6 m. Hlavní kořeny chmele se bohatě větví, a tak vzniká do hloubky i do šířky zasahující mohutný kořenový systém. Postranní kořeny vyrůstají i přímo z babky a fungují tak jako i hlavní kořeny po mnoho let. Větví se až na nejjemnější kořinky zakončené kořenovou špičkou, která neustále přirůstá. Na krátkém

úseku za kořenovou špičkou vznikají kořenové vlásky jako vychlípeniny pokožkových buněk, které nejsou kryty kutikulou a mají velmi tenké membrány.



Obr. 2: Kořenový systém chmele (Štranc et al., 2011)

Tato zóna se podle Venta et al. (1963) nazývá nasávací, neboť má nezastupitelný význam v příjmu vody a živin z půdy a neustále se posunuje za rostoucí a prodlužující se špičkou kořene. Na podzemní části jednoletých lodyh neboli „rév“ chmelu se zakládají adventivně jednoleté, většinou horizontálně rostoucí kořeny, které na rozdíl od víceletých kořenů jsou obvykle rozprostřeny v mělké vrstvě ornice. Jsou kryty slabší korovou vrstvou a mají světlejší barvu než kořeny víceleté. Jejich hlavní funkcí je příjem živin a srážkové respektive závlahové vody z vrchních, živinami nejbohatších vrstev půdy. Mohutnost jejich tvorby je závislá na klimatu, půdě, výšce a době přiorávky chmele.

Rybáček et al. (1980) nazývají tyto kořeny jako koncové kořeny a uvádějí, že za vlhkých podmínek jich rostlina vytvoří hojně a za sucha naopak velmi málo. Tyto kořeny fungují jen jedno vegetační období a při odorávce respektive řezu chmele jsou odstraněny.

Ve vrchních vrstvách rhizosféry je rozmístěna ta část, která rozhoduje o příjmu živin rostlinami a tím o průběhu tvorby asimilačních a reprodukčních orgánů a jejich vzájemném poměru. Spodní část rhizosféry zásobuje chmelové rostliny vodou, která udržuje jejich turgor. Ve chmelařských oblastech proto prakticky nedochází k vadnutí chmelových rostlin (Kopecký et al., 2008).

Z pupenů na vytrvalém oddenku „babce“ každoročně vyrůstají nové výhonky, čímž vznikají nové révy, které však vytrvávají pouze jedno vegetační období. Z babky vyrůstá velký počet výhonů, které mají hákovitě zahnutý vegetační vrchol, zpočátku jsou velmi křehké a v počátečních obdobích růstu, zvláště za chladných jarních dnů, přirůstají pomalu. Schopnost ovíjení mají rostliny chmelu po objevení třetího nadzemního článku. Chmel je pravotočivý, to znamená, že se jeho lodyha obtáčí kolem opory ve směru pohybu hodinových ručiček (Rybáček et al., 1980).

Růst chmelové révy do délky je velmi intenzivní. Má-li chmel v optimu k dispozici faktory ovlivňující růst, tj. hlavně dostatek živin, vláhy a příznivou teplotu, může přírůstek za 24 hodin činit až 30 cm. V rozmezí 24 hodin přirůstá vrchol chmele nejvíce v pozdních odpoledních a večerních hodinách, zvláště tehdy, měla-li rostlina ideální podmínky pro fotosyntézu (Vent et al., 1963).

Listy chmele jsou podle Rybáčka et al. (1980) na rostlině uspořádány vstřícně a přisedají na révě v uzlinách vždy dva proti sobě. Listy jsou řapíkaté a v mladých vývojových stádiích jsou silně zřásněny. Tvar čepele je srdčitý nebo dlanitě laločnatý (obr. 3). Listy révové jsou pěti až sedmi laločné a listy pazochové jsou třílaločné až nedělené. Na líci jsou listy tmavozelené, na spodní straně světlejší a jsou posety pohárkovými žlázkami, obsahující pryskyřice a silice.

Chmel má z našich kulturních rostlin největší listovou plochu. Uvádí se, že počet listů koncem června je 450 a v době sklizně, tj. koncem srpna až 600 listů. Průměrná plocha listu je 86 cm². Horní pokožka je téměř bez průduchů, naopak spodní pokožka obsahuje na 1 mm² průměrně 400 průduchů. U většiny našich kulturních rostlin je počet průduchů na list menší. Na ploše 86 cm² je celkový počet průduchů zhruba 3 milióny, to svědčí o tom, že list chmele má velmi intenzivní látkovou výměnu s okolím a velmi rychlý metabolismus (Vent et al., 1963).



Obr. 3: Tvar listů chmele a jeho postavení na révě (Schimpfky, 1893)

4.2 Historie pěstování chmele a pivovarnictví na Rakovnícku

4.2.1 Rakovnícko v 14. – 18. století

K rozvoji rakovníckého pivovarnictví přispěl největší měrou výborný chmel, který byl od nepaměti pěstován u města Rakovníka. Chmel jest ona nezbytná přísada piva, která mu dodává oné jemné chuti hořké a zamezuje jeho kysání (Renner, 2012).

Tento autor dále uvádí, že o chmelnicích u Rakovníka máme první zprávu z roku 1388 v odkazu Kláry Knotkové, v němž se mluví o chmelnici (humulatorium) pod mlýnem Nechkovým. Chmelnice mívaly zvláštní výsady, všechny cesty k nim byly volné, bez jakékoliv překážky závistivého souseda, ale za to z nich byla vybírána dvojnásobná berně.

V Rakovníku se vařivalo nejslavnější staročeské pivo, jemuž se dostalo té cti, že bylo kladeno po římském papeži v řadu jiných vzácností zbožňované Itálie. Hlásalo to v Čechách obecně známé rčení z poloviny 16. století: „Unus papa Fomae, unus portus Anconae, una turts

Cremonae, una Ceres Rakonae“ (Jeden papež v Římě, jeden přístav v Anconě, jedna věž v Cremoně a jedno pivo v Rakovníce) (obr. 4). Pověst rakovnického piva byla tehdy asi taková, jaké se těší dnešní pivo plzeňské. „Přenáramně vejborná chmelovina rakovnická“ byla prohlašována milovníky poctivého trunku za pravé unikum (Renner, 2012).

Roku 1578 bylo podle Rennera (2012) v Rakovníku osm velkých pivovarů: Střelcův, Ratzhauský, Davida Krynnyta z Hlavačova, Polednovský, Strabovský, Skazilbabovský, Pekařovský a Moravcovský. V této době nejvíce kvetl obchod s pivem, v Rakovníku bylo osm mistrů pivovarských a k nim přiřazeno 140 várečníků. Ve městě bylo uvařeno tolik piva, že nebylo možno ho zkonsumovat, a tak bylo vyváženo široko daleko.



Obr. 4: Původ rčení z poloviny 16. století (Anonym, 2014)

Cena chmele se řídila dle úrody. Roku 1563 se libra chmele prodávala za 12 grošů, roku 1570 po 19 i 20 groších, roku 1588 byla cena chmele za strych 45 grošů a později byl ještě dražší, obzvláště po třicetileté válce, kdy vojáci pásli koně na polích a chmelnicích a často je poničili (Renner, 2012).

4.2.2 Rakovnicko v 18.-20. století

Sklizni chmele se říkalo a dosud říká česání podle charakteristického způsobu trhání hlávek. Ruční česání chmele nebyla těžká práce, ale také to nebyla žádná slast. „Ruce poškrábané od chmeliny pálí, přikusuješ – li chleba o svačině při práci, je hořký od chmelové moučky a máš – li od česání rozpukané prsty a palce, pálí a bolí až až, bolí záda i ta zadní část těla, a ty

mšice a sluníčka, kterými se chmel jen hemží, lezou po rukou, krku a koušou protivně.“ Uvádí ve svých vzpomínkách z roku 1952 Celestýn Brabec z Nouzova (Hartl, 2008)

Uvedený autor dále konstatuje, že pokud dovolilo počasí, česalo se od „svítání do setmění.“ Mírou při česání byla čtvrtka, neboli věrtel (30 litrů). Průměrný výkon česáče byl 8–10 věrtelů za den, byli ale i tací, kteří dokázali načesat až 20 věrtelů za den. Z kopy, tedy 60 štoků bylo v průměru 10-20 věrtelů, při bohaté úrodě až 40 věrtelů hlávek. S načesaným chmelem chodili česáči k míře, kde obdrželi takzvanou známku, která byla vyrobená z kovu, později z papíru, s vyraženým jménem hospodáře a názvem obce (obr. 5). Dle počtu známek pak česáči dostávali mzdu. Z chmelnic se chmel vozil v žocích k usušení. Zpočátku se chmel sušil na slunci, později koncem 19. století v uměle vytápěných komorových sušárnách.



Obr. 5: Znamka na chmel-V.Bazika, Chrást'any č.p. 15 (autor, 2016)

Pro sklizení veškeré produkce bylo zapotřebí mnoho česáčů, a proto se na Rakovnicko v době sklizně sjíždělo mnoho pracovníků z jiných okresů. V roce 1918 pomáhalo v rakovnickém okresu 12 259 česáčů z ostatních okresů. Největší počet zaměstnaných česáčů z ostatních okresů byl v Kněževsi (3100), Mutějovicích (1395) a Milostíně (1228). Kolem roku 1900 sklízelo celkem v Kněževsi přes 5000 česáčů, což byl trojnásobek tehdejšího počtu obyvatel městyse. Největší hospodáři (chmelařství se na Rakovnicku věnovalo přes 80 sedláků) zaměstnávali 300-600 lidí (Hartl, 2008).

4.3 Současnost pěstování chmele

Jak již bylo uvedeno, chmelařství patří mezi nejtradičnější zaměření českých zemědělců. Chmel obsahuje řadu nenahraditelných a cenných látek jak pro tradiční pivovarské využití, tak i pro farmaceutické ale i biomedicínské využití (De Keukeleire et al., 2003).

Sklizňový rok 2015 byl z pohledu pěstitelů velmi podprůměrný. Celková sklizňová výměra byla ve výši 4 622 ha. Pozitivní zpráva je, že obnova chmele proběhla na 430 ha (9,3 %

plochy). Přetrvávající sucho a vysoké teploty v letních měsících zapříčinily snížení produkce o 35 % v porovnání s rokem 2014 a zároveň podprůměrný obsah alfa hořkých látek. I přes nárůst plochy o 300 ha (ŽPČ – Žateckého poloraný červeňák) za poslední dva roky je sklizňová plocha chmele v ČR o 1500 ha nižší v porovnání s rokem 2000. Svaz pěstitelů chmele usiluje o mírné navýšení výměry na úroveň 5000 ha. K vyššímu procentu obnovy přispívá také podpůrný nástroj ze strany Ministerstva zemědělství (Anonym, 2015a). Pro rok 2015 se podařilo získat významnou část prostředků z rozpočtu EU pro podporu vybraných citlivých sektorů, kam je zařazen i chmel. Finanční prostředky budou přerozděleny do odvětví, která jsou v útlumu nebo kde ubývá osetých ploch, a přitom jsou zároveň důležité pro komplexní rozvoj našeho zemědělství. Konkrétně se jedná v sektoru chmele o platbu na citlivé komodity ve výši 17 356, 73 Kč.ha⁻¹. Dále bude pěstitelům vyplácena tzv. přechodná vnitrostátní podpora (dříve TopUp) ve výši 5 172, 99 Kč.ha⁻¹. Přechodná vnitrostátní podpora je plně hrazena ze státního rozpočtu a slouží k dorovnání vybraných komodit, které byly zjednodušením plateb v systému jednotné platby na plochu zemědělské půdy (SAPS) znevýhodněny oproti plnému systému přímých podpor v původních, tzv. starých zemích EU (Jordán, 2015)

Světová sklizňová plocha chmele je pro rok 2015 odhadována dle I.H.G.C. (Mezinárodní sdružení pěstitelů chmele) na přibližně 50 478 ha. Odhad sklizně se pohybuje okolo 90 000 tun chmele. Díky suchu a vysokým teplotám, které postihly téměř celou Evropu, očekává propad ve výnosech Německo. Celkový odhad propadu je 27 %, u aromatických odrůd až 30 – 45 % (Anonym, 2015a).

Průměrné náklady na 1 t suchého chmele za období 1996 – 2013 činily 159 592 Kč. Nejnižší vlastní náklady chmele byly v roce 2005, kdy vlivem vysokého výnosu chmele z hektaru (1,43 t), činily 122 248 Kč.t⁻¹ suchého chmele. Nejvyšší vlastní náklady suchého chmele byly v roce 2012, kdy dosáhly úrovně 243 147 Kč.t⁻¹ suchého chmele. Podstatnou část výnosů představují tržby za výrobky a jejich výše je ovlivňována prodaným množstvím produkce a dosaženými realizačními cenami. V jednotlivých letech období 1996 – 2013 se realizační ceny v šetřeném souboru pohybovali v rozmezí 109 – 184 tis. Kč.t⁻¹ suchého chmele. Dlouhodobý průměr realizační ceny za sledované období činí 138 201 Kč.t⁻¹ suchého chmele a je o 21 391 Kč.t⁻¹ nižší než průměrné vlastní náklady chmele. To znamená, že pěstování chmele bylo za období 1996 – 2013 v průměru ztrátové (Slonek, 2014).

4.3.1 Legislativa v sektoru chmele

Dle zákona č. 97/1996 Sb., O ochraně chmele, je pěstování chmele v ČR rajonizováno do třech chmelařských oblastí: Žatecká, Úštěcká, Tršická. Chmelařské oblasti se dále mohou členit na chmelařské polohy, které jsou součástí chmelařských oblastí. Chmelařskými polohami jsou na Žatecku Podlesí a Údolí Zlatého potoka a na Úštěcku Polepská Blata (Krofta et al., 2010).

Od 1. května 2004 je trh s chmelem součástí Společné organizace trhu (SOT), která je vymezena nařízením Rady nebo Komise EU. Společná organizace trhu je u komodity chmel v EU uplatňována již od roku 1971. Národní legislativa řeší pouze záležitosti, které upravují některé členské státy odlišně, jako je např. stanovení chmelařských oblastí a poloh a dále okruhy, které evropské právo nereguluje, jako je evidence chmelnic, vztah ke správnímu řádu, kompetence příslušných orgánů, či sankce.

SOT chmele je v ČR aplikována s ohledem na tři základní principy:

- a. Obchodování pouze s certifikovaným chmelem, který splňuje alespoň minimální obchodní požadavky.
- b. Registrace smluv na obchodování s chmelem předem a registrace obchodu s chmelem vč. realizované ceny. Od 1. dubna 2006 eviduje v ČR kupní smlouvy na dodávky chmele SZIF (Státní zemědělský intervenční fond).
- c. Monitoring obchodu se třetími zeměmi, aby mohlo být zasáhnuto v případě ohrožení společného trhu.

Národní legislativa vztahující se bezprostředně ke komoditě chmel zní:

- a. Zákon č. 322/2004 Sb., ze dne 29. 4. 2004, kterým se mění zákon č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele.
- b. Vyhláška č. 325/2004 Sb., ze dne 4. 5. 2004, k provedení zákona o ochraně chmele.
- c. Vyhláška č. 179/2012 Sb., ze dne 23. 5. 2012, kterou se mění vyhláška č. 325/2004 Sb., k provedení zákona o ochraně chmele.
- d. Zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby), ve znění pozdějších předpisů.
- e. Vyhláška č. 332/2006 Sb., o množitelských porostech a rozmnožovacím materiálu chmele, révy, ovocných rodů a druhů a okrasných druhů a jeho uvádění do oběhu.

4.3.2 Chráněné označení původu „Žatecký chmel“

Žádost o toto označení podal v roce 2004 Svaz pěstitelů chmele ČR, ale příprava na žádost a jednání s Evropskou Komisí a Úřadem pro průmyslové vlastnictví probíhala již od počátku roku 2002. Finální podobu žádosti Svaz pěstitelů chmele ČR konzultoval a upravoval s Uníí obchodníků a zpracovatelů chmele ČR, Chmelařským institutem s.r.o., Žatec a Ministerstvem zemědělství. Během jednání došlo k mnoha úpravám tak, aby byly splněny podmínky Evropské Komise. V rámci EU šlo o první udělené označení týkající se chmele a o jedno z prvních označení udělené českému zemědělskému nebo potravinářskému výrobku vůbec (Altová, 2012)

Označení ŽATECKÝ CHMEL může nést pouze jemný aromatický chmel odrůdy Žatecký poloraný červeňák – ŽPČ - (všechny jeho klony) vypěstovaný v Žatecké chmelařské oblasti. Jako Žatecký chmel se mohou označovat tyto klony a odrůdy ŽPČ: Lučan (reg. 1941), Blato (reg. 1952), Osvaldův klon 31 (reg. 1952), Osvaldův klon 72 (reg. 1952), Osvaldův klon 114 (reg. 1952), Siřem (reg. 1969), Zlatan (reg. 1976), Podlešák (reg. 1989) a Blšanka (reg. 1993). Chmel a chmelové výrobky jsou označeny svou vlastní etiketou (Obr. 6). Evropská Unie poskytuje ochranu označení původu a zeměpisného určení vybraným regionálním produktům, jejichž reputace přesahuje národní hranice. Unijní značka potvrzuje jedinečnost výrobku, a tedy i jistou výhodu na trhu (Altová, 2012)



Obr. 6 Etiketka označující chmel a chmelové výrobky vyrobené z Žateckého chmele (Mrzenová, 2007)

4.3.3 Chráněné zeměpisné označení „České pivo“

Cílem ochrany je zejména snaha zabránit tomu, aby byl jako české pivo označován výrobek, který byl vyroben netradičními metodami v České republice nebo vyrobený tradičními metodami za hranicemi. V rámci chráněného zeměpisného označení „České pivo“ je stanoveno, jaké charakteristické vlastnosti má pivo mít, jakými technologickými postupy vzniká a jaké suroviny jsou k jeho výrobě používány (Altová, 2012).

4.4 Technologie pěstování chmele

Snahou pěstitelů chmele je při pěstování této „citlivé, komodity dosáhnout zisku a být vysoce rentabilní. K tomuto cíli by měla pěstitelům pomoci i vize integrované produkce chmele (IPCH), kdy je kladen důraz na ekonomicky přijatelnou a trvale udržitelnou produkci zdravých chmelových hlávek odpovídající zásadám multifunkčního zemědělství s minimálním výskytem reziduí pesticidů (Krofta et al., 2012). Za tímto účelem byla Chmelařským institutem vydána metodická příručka s názvem „Integrovaný systém pěstování chmele“, která shrnuje vybrané pěstitelské poznatky s důrazem na pěstování zeleného hnojení a využití prognostických modelů využitelných při rozhodování o ochraně proti škodlivým činitelům.

4.4.1 Pěstování na nízké konstrukci

Tradičně se chmel pěstuje na konstrukci vysoké 7 m. Potřeba lidské práce pro úspěšné zvládnutí pěstitelské technologie je velmi vysoká od přípravy chmelovodičů, zavěšování, zapichování, přes zavádění výhonů až po seřezávání prázdných chmelovodičů na podzim. Odlišná technologie sklizně porostů vedených na nízkých konstrukcích dává prostor k další úspoře nákladů za lidskou práci (Bazika, 2015). Nová technologie vedení chmelových rév je založena na využití konstrukce vysoké pouze 3 m. Tato změna výrazně snižuje potřebu lidské práce a spotřebu pesticidů (Nesvadba, 2013).

V současnosti probíhá intenzivní šlechtění nových odrůd chmele vhodných pro pěstování na nízké konstrukci, přičemž je kladen důraz na délku internodií, délku a postavení plodonosných pazochů, vzrůst a odolnost vůči chorobám (Darby, 2001). Dle Štrance et al. (2012a) by se odrůdy do nízkých konstrukcí měly vyznačovat pozvolnějším růstem rév, krátkými internodiemi, celkově menším olistěním, krátkými a tužšími a dobře větvenými pazochy s bohatě nasazenými hlávkami. První plodné pazochy by měli být nasazeny již 60 cm od povrchu půdy. Z tuzemských odrůd se jeví jako vhodné Sládek, Saaz Special, ze zahraničních Zbyszko, Limbus a First Gold.

4.4.2 Řez chmele

Řezem chmele rozumíme odstraňování přírůstků nového dřeva od vytrvalé podzemní rostliny. Řezem regulujeme tvar podzemní části chmelové rostliny a udržujeme ji v požadované hloubce pod zemí. Na všech plně vyvinutých chmelových babkách odřezáváme zdřevnatělé, podzemní části rév těsně nad vytrvalou částí rostliny, aby na chmelové babce zůstal jen kruh oček vyrůstajících těsně na rozhraní mezi starým a novým dřevem. Na chmelové babce zbude po seříznutí nepatrný zbytek nového dřeva. Neporušena jsou i očka, z kterých raší nejvyrovnanější výhony (Vent et al., 1963).

Řezem chmele odstraňujeme od vytrvalé babky jak narostlé mladé dřevo, tak i část postraníků vlků. Do 60 – 70. let se řez prováděl ručně, v současné době je řez chmele plně mechanizovaný. Řez má splnit regulaci doby rašení výhonů, a tím i vegetační doby (včetně růstu a vývoje), omezit rozrůstání podzemní části chmelové rostliny, a tím zamezit tzv. stěhování babky. Dále jsou řezem odstraněny i vlky, které vyrůstají z nového dřeva, čímž se docílí růstu středního počtu výhonů, důležitých pro zavádění, a babka se udržuje ve stejné hloubce (Horejšek, Zich 1990).

4.4.3 Výživa chmele

Při výživě a hnojení chmele je potřeba počítat s několika zvláštnostmi této plodiny jako je skutečnost, že chmel je vytrvalá rostlina, která se na jednom stanovišti pěstuje několik desetiletí a má dlouhou vegetační dobu, každoročně chmel vytvoří velké množství nadzemní biomasy (Češka, Mařátko, 2012). Podle těchto autorů dosahuje kořenová soustava chmele až do hloubky 4 – 5 m, ale příjem vody a živin je uskutečňován přednostně adventivními kořeny z vrchních vrstev půdy.

Vent et al. (1963) konstatují, že chmelová rostlina přijímá na počátku růstu živiny z půdy pouze pozvolna, teprve na počátku růstu pazochů je přijímá intenzivněji. V období od počátku intenzivního růstu pazochů do sklizně hlávek, kdy jejich váhový přírůstek je již téměř dokončen, musí chmelová rostlina vytvořit asi 70 % váhy sušiny nadzemní hmoty. Toto období je dlouhé asi 70 dní, přičemž průměrná chmelová rostlina za toto období vytvoří 5 kg zelené hmoty (1,7 kg hlávek, 0,8 kg listů, 1,6 kg pazochů, 0,9 kg révy). Uvedení autoři dále uvádí průměrnou hodnotu příjmu všech čistých živin a 24 hodin a to 1,6 g.

Vaněk et al. (2007) uvádí, že pouze ty živiny, které se nacházejí poblíž kořenů (v rhizosféře) se mohou podílet na výživě rostlin. Jsou jimi ionty rozpustné v půdním roztoku a do blízkosti kořenů se dostávají pohybem půdního roztoku, tzv. hromadným tokem, který doplňuje odčerpanou vodu kořeny rostlin. Takto se pohybují ionty, které se nacházejí ve větší míře

rozpuštěné v půdním roztoku, jako je např. Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- . Další živiny se dostávají ke kořenům na základě difuze – postupnou rozpustností a pohybem iontů na místa nižšího obsahu. V neposlední řadě také růst kořenů zajišťuje přísun živin.

Od roku 1991 se výrazně snížilo množství hnojiv dodávaných do chmelnic a v současné době je sklizní odebráno více živin, než je znovu zpět vráceno ve formě minerálních hnojiv. Pěstitelé se nejvíce zaměřují na výživu dusíkem a spoléhají na velmi dobrou zásobenost půdy ostatními živinami z dob minulých. V období posledních pěti let se množství dodaných čistých živin pohybuje v rozmezí 180–210 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Češka, Mařátko, 2012).

Při výnosu 1,5 t suchého chmele a 3,85 t chmeliny je odčerpáno: 113 kg N, 20 kg P, 124 kg K, 140 kg Ca, 16 kg Mg. Účinnost dodaných živin z minerálních hnojiv je u dusíku 50–80 %, fosforu 30 %, draslíku 40–60 % (Rybáček et al., 1980). Z uvedené potřeby živin připadá 44 % N na hmotu hlávek, u fosforu se počítá se 45 % hmoty hlávek, u draslíku 47 % a u vápníku pouze 15 % (Vent et al., 1963).

Nedostatečná přístupnost mikroelementů hlavně bóru a zinku chmelovými rostlinami má negativní vliv na zdravotní stav chmele. Projevy nedostatků se projevují nejvíce na listech a vegetačních vrcholech chmelové rostliny. U bóru je známo, že má značný vliv na pevnost pletiv v kořenech. Vlivem dlouhotrvajícího vlhkého prostředí anebo úplného zamokření může docházet k vyhnívání kořenů a úhynu chmelové babky. Nedostatek bóru dále omezuje příjem živin jednak sníženou aktivní plochou kořenů, ale také nedostatkem energie pro aktivní příjem živin. Pro komplexní výživu chmele je potřeba věnovat pozornost v doplnění zinku, bóru, manganu a železa. Bylo také zjištěno, že příznaky poruch u rostlin vyvolané nedostatkem různých oligobiogenních prvků v substrátu jsou často totožné nebo alespoň podobné, např. bór, mangan, zinek, molybden i měď mají podstatný vliv na fotosyntetickou aktivitu rostlin (Češka, Mařátko, 2013).

Vaněk et al. (2007) uvádí, že statková hnojiva mají vysokou hnojivovou hodnotu a jsou jimi do půdy dodávány jak rostlinné živiny (makroelementy i mikroelementy), tak i organické látky, mikroorganismy a látky růstové, stimulační a hormonální. Statková hnojiva jsou hnojiva univerzální, pozvolnější a dlouhodoběji působící. Celková půdní organická hmota je tvořena primární organickou hmotou a humusem. Primární organická hmota se nachází v půdě buď nerozložená, nebo v různém stupni mezi přeměny. Primární půdní organická hmota se v půdě mineralizuje a ovlivňuje tím půdní mikroorganismy, kdy produkce CO_2 a minerální látky slouží jako zdroj energie a živin. Bez primární organické hmoty by nemohly

vznikat stabilnější humusové látky (Vaněk et al., 2006). Dle Koláře a Kužela (1999) je primární organická hmota v půdě významným zdrojem energie pro mikroorganismy a tím je zároveň nositelem biologické aktivity půdy, kterou považujeme za mocný faktor potenciální půdní úrodnosti. Iontově výměnná kapacita primární organické hmoty v půdě je zanedbatelná.

Dle Vaňka et al. (2006) jsou jedním ze zdrojů primární organické hmoty kořenové exudáty rostlin. Kořeny rostlin prostřednictvím svého povrchu ovlivňují okolní prostředí – rhizosféru. Pro zajištění fyziologických procesů je do kořenů rostlin transportováno velké množství organických látek (sacharózy). U jednoletých rostlin je odhadováno, že se jedná o 30 – 60 % C čisté fotosyntézy. Asi 40 % tohoto množství je zastoupeno v jednoduchých organických sloučeninách a je vydáno do bezprostředního okolí kořenů. V kořenových sekretech jsou nejvíce zastoupeny cukry (sacharóza) a organické kyseliny (jablečná, citronová, fumarová včetně aminokyselin). Vranová et al. (2012) dělí kořenové exudáty na vodorozpustné uvolňované difuzí, sekreci vysokomolekulárních látek, sekreci zahrnující CO_2 , HCO_3^- , H^+ , etylen, sekreci zahrnující lyzáty s obsahem odlupujících se kořenových buněk a celých kořenů, sekreci vysokomolekulárního slizu, který pokrývá kořeny a je tvořen z polysacharidů a polygalakturonových kyselin. Nejvíce vylučovány jsou cukry, poté organické kyseliny a v menší míře aminokyseliny. Z cukrů byli v kořenových exudátech zaznamenány arabinosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, maltosa, rafinosa, ribosa, sacharóza a xylosa, z kyselin mravenčí, octová, máselná, propionová, šikimová a další. Z aminokyselin byl zjištěn například prolin a cystein a další. Paynel et al. (2001) zjistili vysokou exsudaci glycinu z kořenů mladých rostlin jílku vytrvalého (*Lolium perenne* L.) a jetele plazivého (*Trifolium repens* L.), zatímco starší rostliny vylučovali více serinu.

Vranová et al. (2012) konstatují, že přes kořeny rostlin jsou vylučovány také enzymy. Jedním z velmi důležitých exudovaných enzymů je kyselá fosfomonoesterasa. Dle Balíka (2009) je hydrolýza P_{org} zprostředkována kyselou fosfátasou z kořenů, kyselou nebo alkalickou fosfátasou z hub a bakteriální alkalickou fosfátasou. Fosfatasy jsou adaptabilní enzymy, např. aktivita kyselých fosfatasy z kořenů se mění podle míry nedostatku fosforu. Kyselá fosfatasa kořenů je vylučována v největší míře v kořenových špičkách. Dle Parfitta (1979) a Gerkeho (1993) organické kyseliny a fenoly obsažené v kořenových exudátech mají schopnost rozpouštět omezeně rozpustné fosfáty. Např. citráty desorbují fosforečnany z povrchů seskvioxidů ligandovou aniontovou výměnou. Platí, že příčinou mobilizace fosfátů z jejich sloučenin s hliníkem a železem je kombinace dvou procesů a to desorpce a tvorba chelátů s hliníkem a železem.

Dle Vaňka et al. (2006) jsou dalším významným zdrojem primární organické hmoty odumřelá těla mikroorganismů a makroedafon. Celkové množství organických látek, které jsou kořeny za rok vydávány do prostředí, je odhadováno na 1 – 1,5 t sušiny za rok na 1 ha.

4.4.4 Závlaha chmele

Pro růst a vývoj chmele je uváděná různá potřeba vody. Podle Venta et al. (1963) je potřeba na 1 kg zelené hmoty potřeba 500 l vody. Mohl (1924) uvádí nutný roční úhrn srážek 450 – 600 mm. Linke a Rebl (1950) počítají se spotřebou vody na každý kilogram zelené hmoty chmele ve výši 300 l. Ljašenko et al. (2004) uvádějí transpirační koeficient v rozmezí 300 – 500. Tito autoři dále uvádějí potřebný úhrn srážek 500 – 600 mm za rok, přičemž během vegetace by úhrn srážek neměl klesnout pod 300 mm.

Dle Hniličkové et al. (2000) existují mezi autory rozdílné názory, kdy je chmel nejnáročnější na dostatek srážek. Kopecký (1991) konstatuje, že deficit srážek v dubnu a květnu nevede ke snížení výnosu. Slavík 1971 uvádí, že chmel má maximální nároky na srážky v době nejintenzivnějšího růstu, tj. v červnu, kdy narostou téměř dvě třetiny celkové biomasy a narůstají také pazochy. Naopak ke konci vegetace, v srpnu, je vhodnější menší množství srážek, aby nebyla negativně ovlivněna kvalita hlávek. Naopak dle Pastyřika (1973) mají ještě srážky v srpnu kladný vliv na výnos. Dle Sachla a Kopeckého (1972) využití doplňkové závlahy zvyšuje výnos o 20 – 26 %.

Z výsledků pokusů Hniličkové et al. (2000) je zřejmé, že doplňková závlaha má pozitivní vliv na tvorbu sušiny jak chmelových rostlin, tak i hlávek. V pokusných letech 1997 a 1998 byly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly ve vyšší tvorbě sušiny zavlažovaných rostlin oproti nezavlažovaným. Přírůstek sušiny byl u zavlažované varianty kolem 30 %.

4.4.5 Zelené hnojení

Zelené hnojení je podle Krofty et al. (2012) způsob organického hnojení, při kterém zaoráváme do půdy vyprodukovanou biomasu rostlin pěstovaných k tomuto účelu. Cílem je obohatit půdu o organickou hmotu a živiny. Kvalita a množství organické hmoty je závislá na druhu pěstovaných rostlin, délce vegetačního období, půdních a klimatických podmínkách daného stanoviště, které jsou i ve chmelařských oblastech značně rozdílné.

Podle Baziky (2013) není cílem zakládání a pěstování porostů zeleného hnojení v meziřadí pouze produkce biomasy k obohacení půdy, ale i úprava vzdušných a vláhových poměrů půdy během vegetace, omezení neproduktivní evaporace a v neposlední řadě také zpevnění povrchu půdy nutné pro pohyb mechanizace. Pro úpravu vzdušných a vláhových poměrů v půdě se

jeví jako velmi výhodné volit pro výsev takové rostliny, které mají křlový kořen a disponují dostatečně rychlým počátečním růstem (Obr. 7).



Obr. 7: Zelené hnojení v meziřadí (Autor, 2015)

Krofta et al. (2012) uvádí významné druhy použitelné jako zelené hnojení do chmelnic. Podle těchto autorů se jedná o: hořčici bílou (*Sinapis alba* L.), svazenku vratičolistou (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), hrách polní - pelušku (*Pisum sativum* L. var. *arvense*), sléz krmný (*Malva verticillata* L.), vikev setou (*Vicia sativa* L.). Jak dokumentuje tab. 1 mezi druhy s největší produkcí nadzemní biomasy patří: směs pro opylovače „Mája“, kde výnos čerstvé hmoty může činit až 35 t.ha⁻¹. Směs „Mája“ je složena z pěti druhů zaručujících plasticitu ve vztahu k prostředí a to z řepky jarní (*Brassica napus* L. var. *napus*) 20 %, svazenky vratičoliste (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) 25 %, pohanky obecné (*Fagopyrum esculentum* Moench.) 20 %, hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) 20 %, a komonice bílé (*Melilotus alba* Medik.) 15 %. Je charakteristická časným nástupem kvetení a postupným nakvétáním jednotlivých druhů.

Dle uvedených autorů se také zkouší pěstování mastňáku habešského (*Guizotia abyssinica* L.). Jedná se o jednoletou vysokou bylinu patřící do čeledi hvězdnicovité (*Asteraceae*). Disponuje vlastností rychlejšího nárůstu hmoty než hořčice bílá (*Sinapis alba* L.). V současnosti je význam zeleného hnojení v zemědělské praxi podceňován, je to dáno především cenou osiv. Bylo však dokázáno, že pravidelné zelené hnojení je téměř rovnocenné hnojení chlévským hnojem. Při využití bobovitých rostlin a produkci 20 t zelené hmoty na hektar je počítáno s ekvivalentem 80 – 90 %.

Plodina na zelené hnojení	Čerstvá hmota t.ha ⁻¹	Sušina t.ha ⁻¹	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Zn mg/kg	B mg/kg	S mg/kg
travní porost	17	3,4	3,27	0,44	2,59	1,09	0,39	86,5	17,7	0,29
Mastňák habešský	30	3,9	3,49	0,71	5,97	2,29	0,37	106,9	34,1	0,59
svatojánské žito	19,2	4,0	2,02	0,39	2,49	0,51	0,10	52,8	5,1	0,21
směs pro opylovače „Mája“	35,6	6,4	3,72	0,44	3,57	2,71	0,32	76,5	23,9	0,92
sléz krmný	31,4	3,1	3,08	0,47	5,34	2,48	0,27	64,1	26,1	0,71

Tab. 1 Čerstvá organická hmota, sušina a analýza prvků nadzemní části vybraných plodin na zelené hnojení, lokalita Stekník (Krofta et al., 2012)

Dalším důvodem zařazení setí meziplodin do meziřadí je ochrana podzemních vod před znečištěním a zabránění vyplavování živin, zejména dusičnanů. Meziplodiny přijímají živiny, a tím zabraňují jejich ztrátě, až do doby než dojde k zapravení meziplodin a mineralizaci, kdy se opět uvolní (Klír, Kozlovská, 2012). Dle Tomana, Pulkrábka (2015) mají meziplodiny schopnost poutat ve svých orgánech jak makro- tak mikroprvky. Ve svých pokusech dospěli k závěru, že nejvíce poutanými makroprvky jsou K, N, Ca a z mikroprvků Fe, Zn, Mn. Tito autoři dále konstatují, že u rostlin slézu krmného (*Malva verticillata* L.) i mastňáku habešského (*Guizotia abyssinica* L.) bylo zaznamenáno pomalejší vzcházení a následné vyšší zaplevelení než u rostlin hořčice bílé (*Sinapis alba* L.) a svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* L.).

4.5 Fytohormony a ostatní podpůrné látky využívané v rostlinné výrobě

Z výzkumu zákonitostí růstu a vývoje rostlin vyplývá, že v těchto procesech hrají významnou roli fytohormony a jejich interakce. Neexistuje růstový proces, který by byl ovlivňován pouze jedním fytohormonem, a na druhé straně neexistuje fytohormon, který by ovlivňoval pouze

jediný růstový proces. Tento pleiotropní účinek fytohormonů lze uvažovat jako následek interakcí dvou respektive tří složek. Hlavní složkou je počet aktivních molekul fytohormonu spojených s místem jejich účinku v buňce. Tato hodnota závisí na biosyntéze a metabolismu fytohormonů i na regulaci jejich importu a exportu. Druhou složkou je senzitivita buněk k endogenním fytohormonům. Může být přesněji definována jako počet receptorů (vazebných míst) pro hormony a jejich afinita k fytohormonům (Savidge, 1982).

Dle Kutáčka (1988) jsou auxiny u vyšších rostlin nejčastěji syntetizovány indolylpyruvátovou drahou. U rostlin z čeledi *Poaceae* je známa dráha syntézy auxinu tryptaminová. Na konci syntézy auxinu pomocí obou drah se tvoří IAA (indolyl-3-oxová kyselina). Uvedený autor dále uvádí, že regulace biosyntézy IAA probíhá na úrovni hladiny prekursoru nebo jednotlivých enzymových aktivit.

Chandler (2009) konstatuje, že auxin vzniká ve vzrostných vrcholech a je transportován bazipetálně. Dle Jacobse a Gilberta (1983) je transport indolyl octové kyseliny (IAA) specifický, aktivní proces, vyžadující pro svou funkci energii. Tento pohyb je zajištěn pomocí přenašečů, které jsou umístěné v plazmalemě bazálních pólů buňky. Transport auxinu probíhá přes parenchymatické i vaskulární pletivo. Ve vaskulárním pletivu je však pohyb auxinu spíše v parenchymatických buňkách, než v cévách. Allen a Baker (1980) však konstatují, že hladina IAA je v xylémové šťávě velmi nízká a spíše může být transportována ze starších listů pomocí floému.

Chandler (2009) poukazuje na skutečnost, že jednou z klíčových úloh auxinu v rostlině je mimo jiné stimulace dlouhivého růstu. K výrazné stimulaci růstu dochází obvykle při koncentraci $10^{-7} - 10^{-5} \text{ mol.l}^{-1}$. Naopak vyšší koncentrace může růst inhibovat v důsledku zvýšené tvorby etylénu. Bazipetální transport auxinu je důležitý pro udržení apikální dominance rostlin. Auxin má vliv i na opad listů. V okamžiku kdy je zastaven transport IAA přes opadavou zónu listu nastává lytický proces a list opadá. Auxin hraje také velmi důležitou úlohu ve vyvíjejících se plodech. Nezralá semena syntetizují auxin, ten se zde hromadí a zvyšuje schopnost atrahovat asimiláty.

Rashotte et al. (2003) konstatují, že cytokinininy jsou důležité regulátory růstu a vývoje rostlin. Cytokinininy se vyskytují v rostlinách jako volné sloučeniny a také jako součásti některých tRNA. Halmann (1990) uvádí mezi hlavní funkce cytokininů v rostlinách stimulaci větvení stonků a odnožování rostlin, za současného potlačení apikálního pupene. Tento autor dále uvádí vliv cytokininů na zpomalení senescence rostlinných pletiv, stimulaci diferenciac

plastidů a tvorbu chlorofylu a škrobu, zvýšení rezistence rostlin vůči extrémním podmínkám prostředí (zasolení, vysoká teplota, zaplavení kořenů) a dále také vliv na iniciaci tvorby semen. Uvedený autor však zdůrazňuje, že cytokininy nepůsobí na výše uvedené procesy samostatně, ale v interakci s dalšími fytohormony. Pons et al. (2001) uvádějí, že se cytokininy tvoří v kořenech rostlin a jsou transportovány akropetálně transpiračním proudem do listové plochy úměrně s rostoucím gradientem osvětlení.

Dle Torreya (1976) mohou být cytokininy syntetizovány v každé rostlinné buňce, neboť jsou jednou ze složek tRNA. V největší míře jsou však cytokininy syntetizovány v kořenových vrcholech. Tato skutečnost podporuje představy o interakci auxinu syntetizovaném ve vzrostných vrcholech a cytokininů vytvářených v oblasti kořenových meristémů při determinaci polaritu rostlin. Dle Jacobse (1976) byla zaznamenána vysoká koncentrace cytokininů v kořenových exudátech. Borkovec a Procházka (1992) konstatují, že cytokininy jsou transportovány symplasticky lýkem i xylémem z kořenů do lodyh. Polarita i rychlost translokace cytokininů je ovlivněna auxinem, dynamika translokace v průběhu vývoje rostlin je odlišná od dynamiky transportu sacharózy. Cytokininy exogenně aplikované na povrch listů se jeví jako značně imobilní, naopak jejich mobilita při aplikaci na řezné plochy listů je mnohem vyšší. Longxing et al. (2013) poukazují na skutečnost, že cytokininy společně s draslíkem mají vliv na rychlost otevírání průduchů. Foliární aplikací těchto látek je možné docílit rychlejšího otevření průduchů a tím urychlení navýšení fotosyntézy rostlin.

Dle Trčkové et al. (1992) po exogenní aplikaci cytokininů v době kvetení obilnin bylo zaznamenáno zvýšení počtu zrn v klasech a to zejména stimulací zakládání a vývinu obilek v bazální a apikální části klasu (potlačení mediální dominance). Tento účinek je velmi výrazný při snížené zásobenosti rostlin dusíkem, kdy exogenní cytokinin zvyšuje jeho příjem a distribuci do fertálních odnoží. Současně cytokininy prodlužují období fotosyntetické aktivity rostlin a zvyšují celkovou produkci biomasy.

Kohoutová (2010) konstatuje, že cytokininy spolu s aplikovanými živinami zvýšily počty plodů, zlepšily jakost a skladovatelnost, podpořily růst, zvyšovaly obsah chlorofylu a počty zrn v klasu obilnin. V suchých ročních období však bylo zrno po ošetření drobné. Další možnou nevýhodou je prodloužení vegetace a doby zrání, což může vést k opožděné sklizni. Uvedená autorka však konstatuje, že je pozitivní přírodní charakter cytokininů a dále také pozitivní vliv na výnosotvorný proces řady plodin, zejména poté, kdy v ontogenezi přírodní endogenní hladina cytokininů v rostlinách klesá.

Guoying et al. (2003) dospěli k závěru, že hladina cytokininů v rostlinách je závislá na formě dusíkaté výživy. Ve svých pokusech zjistili, že při výživě tabáku formou $N-NO_3^-$ dochází k navýšení obsahu zeatinu v xylémové šťávě. Naopak při výživě rostlin tabáku formou $N-NH_4^+$ byl zjištěn pokles zeatinu v rostlinách a zároveň inhibice dlouhivého růstu rostlin. K podobným závěrům došli také Jeschke a Hartung (2000), kteří zaznamenali inhibici dlouhivého růstu, snížení transpirace rostlin a uzavírání průduchů při výživě rostlin pouze formou $N-NH_4^+$. Tito autoři se domnívají, že v takto vyživovaných rostlinách narůstá syntéza kyseliny abscisové, která značně reguluje stomatální vodivost.

Tugarinov et al. (2008) charakterizují lignohumáty jako látky nesoucí veškeré užitečné vlastnosti huminových látek jako biopolymerů a to zejména vysokou schopnost výměny kationtů a aniontů, dále pak schopnost tvorby chelátů. Mezi jejich další výhody patří posílení ochranné funkce rostlin a podpora v jejich růstu a vývoji. Dle Vaňatové (2003) je dalším přínosem humátů skutečnost, že jsou energetickým základem biologických procesů a vykazují vlastnosti fyziologicky aktivních látek, které dokážou regulovat růst a vývoj rostlin. Vrba a Huleš (2007) poukazují na to, že účinnost aplikovaného humátu má souvislost s podmínkami prostředí, kde se daná rostlina vyskytuje. Humáty dokáží navodit takový metabolismus, který je pro rostlinu v daných podmínkách nejvhodnější. Při vyšším zastoupení živin v substrátu zvyšují aplikované humáty příjmovou kapacitu rostlin pro minerální živiny, při klesající využití živin pro tvorbu výnosu. Zvýšení výnosu je tak dáno vyšším příjmem živin, nikoliv jejich lepší využití. Naopak na chudých stanovištích je po aplikaci humátu zajištěna lepší využití živin, při jejich nižším příjmu rostlinou. Tak je docíleno efektivnějšího výnosotvorného procesu na chudších stanovištích. Tugarinov et al. (2008) uvádí obsah solí huminových a fulvových kyselin v komerčně prodávaných přípravcích na bázi humátu. Jejich kladný vliv na rostliny spatřuje především v průniku těchto látek do buněk rostlin, kde zrychlují cytoplazmatické proudění. Tento proces zajišťuje výměnu látek v buňkách a mezi buňkami a prostředím. Dochází tak k zesílení buněčné stěny. Dle Kučery (2006) vykazují rostliny po exogenní aplikaci humátů zdravější vzhled, neboť se na povrchu buněčných stěn tvoří více tuků a vosků.

Další perspektivní látkou s příznivými biogenními vlivy je dle Kohoutové (2010) betain – glycin. Betain je alkalická organická látka vyskytující se v kořeni řepy cukrové (*Beta vulgaris* L.). Tato látka reguluje vodní provoz rostlin a pomáhá omezit stres ze sucha. K betainu bývá komplexně navázán radikál, obvykle glycin. Takto vzniklý komplex je aktivnější a na rozdíl od fytohormonů bývají tyto přírodní látky v rostlinách přítomny ve vyšších koncentracích.

Dále také autorka uvádí funkci některých oligosacharidů jako růst podporující a regulující vodní provoz rostlin. Oligosacharidy také stimulují pohyb metabolitů a živin vodivými pletivy rostlin.

Krishna (2003) konstatuje, že brassinosteroidy je skupina přirozeně se vyskytujících steroidních látek s velmi širokou biologickou aktivitou, která nabízí možnost navýšení výnosů kulturních plodin pomocí změn v metabolismu rostlin. Brassinosteroidy byly po několika letech genetických a biochemických studií zařazeny mezi fytohormony, neboť mají nezastupitelnou roli ve vývoji rostlin. Tyto látky mají schopnost zvýšit odolnost rostlin vůči širokému spektru stresů jako je nízká a vysoká teplota, vodní stres, zasolení a napadení rostlin chorobami a škůdci. Například při stresu vyvolaném vysokou teplotou indukují syntézu některých proteinů teplotního šoku (heat shock protein). Uvedený autor dále uvádí spojitost mezi brassinosteroidy a ostatními fytohormony odpovědnými za regulaci rostlinného metabolismu při stresových podmínkách (kyselina abscisová, kyselina jasmonová a etylen). Brassinosteroidy vykazují vliv na prodlužování stonku, růst pylové láčky, diferenciaci xylému a epinastii listů. Dle Adama a Petzolda (1994) byl první rostlinný steroid s regulačním účinkem izolován z pylu řepky (*Brassica napus* L.) v roce 1979 a byl nazván brassinolid. Následným výzkumem bylo dokázáno dalších 30 typů brassinosteroidů. Tyto látky se vyskytují v širokém spektru rostlin ve všech orgánech kromě kořene. Nejvíce brassinosteroidů je obsaženo v reprodukčních orgánech (květy, pyl, semena).

Dle Gaudinové et al. (1995) je u brassinosteroidů známo jejich synergické působení s auxiny při stimulaci prodlužování buněk a produkci etylenu. Po aplikaci brassinolidu došlo ke zvýšení čerstvé hmotnosti děložních listů dýně (*Cucurbita pepo* L.), což zároveň vedlo ke zvýšení endogenní hladiny auxinů a ke snížení hladiny kyseliny abscisové. Podobné výsledky byly získány při pokusech s vyvíjejícími se zrny rýže (*Oryza sativa* L.). Cutler et al. (1991) uvádí, že brassinosteroidy výrazně stimulují dlouhivý růst. Účinná koncentrace se pohybuje v rozmezí 10^{-8} – 10^{-11} mol.l⁻¹, je tedy nižší než u auxinů. Brassinosteroidy jsou růstově aktivní pouze na světle a výrazně interagují s IAA.

5 Metodika

Dvouleté rostliny chmele, Žateckého poloraného červeňáku (klon č. 72), byly pěstovány za přirozených klimatických podmínek na provozní ploše společnosti V. K. TOP CHMEL, s.r.o. Aplikace stimulátorů růstu proběhla ve třech opakováních schváleným zařízením pro aplikaci pesticidů. U dvouletých rostlin chmele proběhlo šest měření fyziologických charakteristik v následujících fázích růstu chmelových rostlin: prodlužování, pazočování, kvetení, hlávkování, zralost hlávek.

5.1 Charakteristika rostlinného materiálu

Do pokusu byl zařazen Žatecký poloraný červeňák, Oswaldův klon číslo 72.

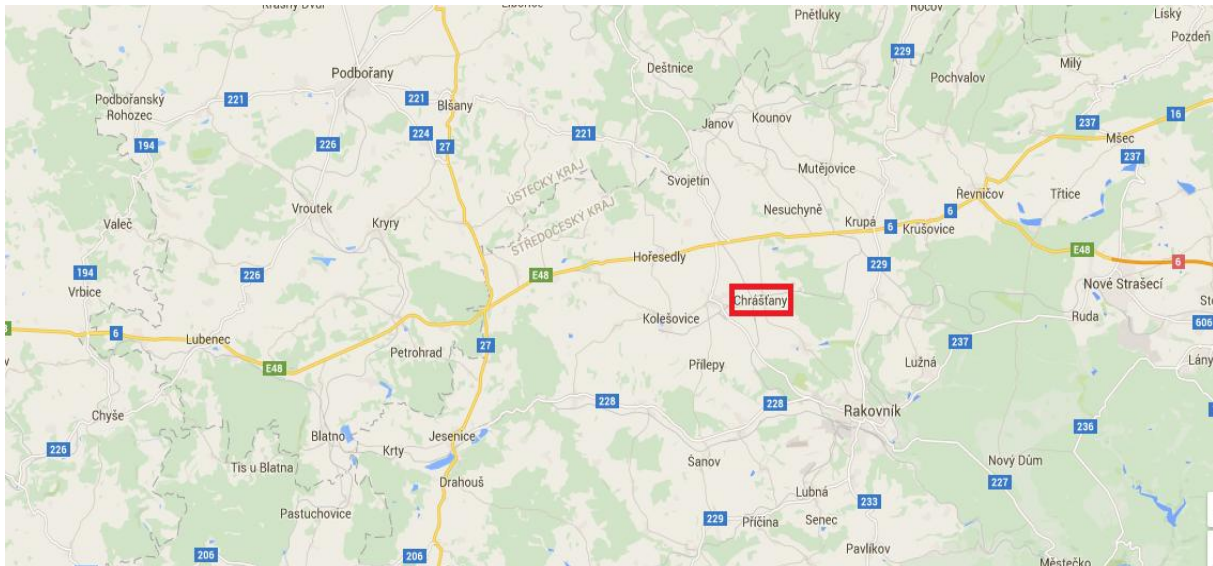
Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ) byl získán klonovou selekcí v původních chmelových porostech v žatecké a úštěcké chmelařské oblasti. Žatecký poloraný červeňák je nyní pěstována v devíti klonech a to: Oswaldův klon 31 (1952), Oswaldův klon 72 (1952), Oswaldův klon 114 (1952), Siřem (1969), Blato (1974), Lučan (1974), Zlatan (1976), Podlešák (1989) a Blšanka (1993). Průměrný obsah pryskyřic je uveden v tab. 2. Chmelové hlávky jsou středně až dlouze vejčité, hustě nasazené. Průměrná hmotnost 100 hlávek je v rozpětí 12 – 14 g. Vřeténko je jemné, pravidelné a dlouhé v rozmezí 16 – 19 mm. Žatecký poloraný červeňák je jemná aromatická odrůda využitelná pro druhé a třetí chmelení nebo pro studené chmelení. Skladovatelnost chmelových hlávek je vyhovující. ŽPČ je známý svým aroma, odrůda je charakterizovaná jako standard kvality, neboť se jedná o pravou, jemnou chmelovou vůni (Nesvadba et al., 2012).

Chmelové pryskyřice	
celkové (% hm.)	13 – 20
alfa-kyseliny (% hm.)	2,5 – 4,5
beta-kyseliny (% hm.)	4,0 – 6,0
poměr α/β	0,6 – 1,0
kohumulon (% hm.)	23 – 26
kolupulon (% hm.)	39 – 43

Tab. 2: Obsah chmelových pryskyřic v hlávkách ŽPČ (Nesvadba et al., 2012).

5.2 Půdně klimatické charakteristiky

Rostliny chmele byly pěstovány za přirozených podmínek na produkční ploše společnosti V. K. TOP CHMEL, s.r.o. v katastrálním území Chrášťany u Rakovníka. Pokusná plocha se nachází v žatecké chmelařské oblasti, na Rakovnicku a měla výměru 1,47 ha. Poloha obce Chrášťany je znázorněna na obrázku 8. Průběh teplot a srážek na nejbližší meteorologické stanici v Kněževsi u Rakovníka je zaznamenán v tabulkách 3 a 4. Meteorologická stanice Kněževes se nachází ve vzdálenosti 2 km od pokusné chmelnice.



Obr. 8: Poloha obce Chrášťany u Rakovníka v mapě (autor, 2016)

Průběh počasí leden - listopad 2015 na lokalitě Kněževy u Rakovníka				
	průměrná teplota v °C		úhrn srážek v mm	
	2015	30-tiletý průměr	2015	30-tiletý průměr
Leden	2,6	-2,0	15,3	20,0
Únor	1,3	-0,2	1,4	19,0
Březen	5,7	3,6	36,2	23,0
Duben	10,4	8,5	45,9	32,0
Květen	13,6	13,4	36	54,0
Červen	16,6	16,7	57	56,0
Červenec	21,3	18,0	8,2	59,0
Srpen	22,4	17,4	39	62,0
Září	14,0	13,5	19,3	40,0
Říjen	8,8	8,4	48,3	29,0
Listopad	7,2	3,1	54,9	24

Tab. 3: Průběh teplot a srážek leden - listopad 2015 v porovnání s 30-tiletým průměrem na lokalitě v Kněževy u Rakovníka (Češka, 2015)

Průběh teplot a srážek roku 2015 po dekádách od března do srpna na lokalitě Kněževy u Rakovníka			
měsíc	dekády	průměrná teplota v °C	úhrn srážek v mm
Březen	I.	4,9	5,3
	II.	5,2	8,3
	III.	6,9	22,6
Duben	I.	6,6	8,1
	II.	13,3	2,5
	III.	11,2	35,3
Květen	I.	13,7	23,2
	II.	13,9	7,6
	III.	13,3	5,2
Červen	I.	17,6	36,9
	II.	16,4	7,0
	III.	15,8	13,3
Červenec	I.	22,4	2,3
	II.	21,2	3,3
	III.	20,4	2,6
Srpen	I.	24,8	0,0
	II.	21,8	27,3
	III.	20,6	11,7

Tab. 4: Průběh teplot a srážek březen – srpen 2015 po dekádách na lokalitě Kněževy u Rakovníka (Češka, 2015)

Na pokusné ploše proběhla rychloobnova chmelových rostlin na podzim v roce 2013 za použití ozdravené prostokořenné sadby ŽPČ (klon 72).

V tabulce 5 jsou uvedeny výsledky rozborů AZP pokusného stanoviště. Při sklizni v roce 2015 se jednalo o dvouletý porost. Rostliny byly pěstovány ve vysoké konstrukci a byly vedeny na dvou chmelovodičích vždy po třech zavedených révách. Agrotechnické zásahy, aplikace hnojiv a přípravků na ochranu rostlin jsou shrnuty v tabulkách 6, 7, 8. Pokus byl zavlažen mikropostřikem v celkové dávce 100 mm závlahové vody, zavlažování probíhalo od 1. 7. 2015 do 10. 8. 2015.

Výsledky rozborů AZZP		
<i>živina</i>	<i>obsah</i>	<i>hodnocení</i>
P	509	velmi vysoký
K	352	vyhovující
Mg	283	dobrý
Ca	4080	vyhovující
pH	7,4	alkalická

Tab. 5: Výsledky rozborů AZP pokusné plochy (autor, 2015)

Vybrané agrotechnické zásahy 2015	
<i>datum</i>	<i>operace</i>
14.4	řez chmele
10.5.	zavádění výhonů
28.5.	první přiorávka
10.6.	druhá přiorávka
11.6.	setí zeleného hnojení
30.8.	sklizeň

Tab. 6: Vybrané agrotechnické zásahy (autor, 2015)

Aplikace minerálních hnojiv 2014/2015		
<i>datum</i>	<i>dávka (kg/ha)</i>	<i>hnojivo</i>
15.10.	250	TSP
10.4.	200	KIESERIT
10.4.	200	Síran amonný
28.5.	200	LAV
10.6.	200	LAV

Tab. 7: Přehled aplikace minerálních hnojiv na pokusnou parcelu (autor, 2015)

Aplikace přípravků na ochranu rostlin během vegetace		
<i>datum</i>	<i>přípravek</i>	<i>účel použití</i>
25.4.	Actara	dřepčík, lalokonosec
7.5.	Alliete 80 WG	peronospora
25.5.	Alliete 80 WG + Curzate K	peronospora
10.6.	Ridomil Gold 42,5 WP	peronospora
10.6	Teppeki	mšice
25.6.	Ortiva + Curzate K	peronospora
12.7.	Ortiva	peronospora
8.7.	Movento 150 OD	mšice, sviluška
26.7.	Cuproxat	peronospora
7.8.	Cuproxat	peronospora
20.8.	Cuproxat	peronospora

Tab. 8: Přehled aplikovaných přípravků na ochranu rostlin během vegetace (autor, 2015)

5.3 Založení pokusu

Schéma pokusu zahrnovalo 4 varianty. První kontrolní varianta byla bez použití stimulátorů růstu. Na každou ze zbylých tří variant byl použit jeden stimulátor růstu. V pokusu byly zařazeny následující přípravky: Humastar (ReConsulting), Fertileader Vital (Timac Agro), Lignoaktivátor (Amagro). Aplikace probíhala schváleným rosičem pro aplikaci pesticidů ve třech opakováních v klíčových fázích růstu chmelových rostlin – BBCH 37 (prodlužování-5.6.2015), BBCH 61 (počátek kvetení-5.7.2015), BBCH 65 (plný květ-počátek tvorby hlávek-21.7.2015) vždy jako samostatná aplikace. Množství aplikovaných látek bylo při každé aplikaci: Humastar 1 l.ha⁻¹, Lignoaktivátor 1,5 l.ha⁻¹, Fertileader Vital 5 l.ha⁻¹.

Charakteristika použitých přípravků:

Humastar (Reconsulting) je vysocekoncentrovaný vodný roztok huminových kyselin pocházejících z ruského Leonarditu. Garantovaný obsah huminových látek je 40 %. Dále obsahuje živiny N, P, K, S, Ca, Mg, Na, Si, Fe, Mn, Mo, Co, Zn, B, Cu. Doporučené dávkování do chmele je 1 l.ha⁻¹ 3x za vegetaci (Anonym, 2015b).

Fertileader Vital (Timac Agro) je listové hnojivo s biostimulačním účinkem. Obsahuje komplex vyselektovaných a izolovaných aktivních molekul původem z řas: IPA (isopentenyladenin), Glycin betain a aminokyseliny. Dále obsahuje živiny N, P, K, Mn, B, Zn, Cu, Fe, Mo. Doporučené dávkování do chmele je 5 l.ha⁻¹ 3x za vegetaci (Anonym, 2015c).

Lignoaktivátor (Amagro) je tekutá homogenní směs huminových látek získaných technologií okysličené konverze technických lignosulfonátů s převahou fulvokyselin. Další složkou přípravku je extrakt z hnědé mořské řasy *Ascophyllum nodosum*. Kromě huminových látek přípravek obsahuje i řadu přírodních aminokyselin, oligopeptidů a auxinů. Doporučené dávkování do chmele je 1,5 l.ha⁻¹ 3x za vegetaci (Anonym, 2015d).

Měření vybraných fyziologických charakteristik se uskutečnilo v následujících fázích růstu – BBCH 37 – prodlužování výhonů (7. 6. 2015), BBCH 39 – butonizace (21. 6. 2015), BBCH 61 – počátek kvetení (6. 7. 2015), BBCH 65 – plný květ (23. 7.), BBCH 69 – 81 – vývoj hlávek – zralost hlávek (2. 8. 2015, 23. 8. 2015) Rostliny chmele byly během pokusu sledovány a byly hodnoceny vývojové fáze. Při sklizni pokusu byl na chmelových rostlinách stále patrný květ (30. 8. 2015).

5.4 Měření fyziologických charakteristik

5.4.1 Stanovení výměny plynů

Měření výměny plynů se uskutečnilo přenosným infračerveným gazometrickým analyzátozem LCpro+ (ADC BioScientific Ltd. Hoddesdon, Velká Británie) v přirozených podmínkách na pokusné ploše v k. ú. Chrástřany u Rakovníka na plně vyvinutých révových listech chmele otáčivého (*Humulus lupulus* L.). U každé varianty pokusu byly náhodně vybrány 3 listy ve výšce 3 m. Listy chmele při měření intenzity probíhající fotosyntézy byly uzavřeny v listové komoře přístroje LCpro+. Teplota v měřicí komoře byla trvale nastavena na 22 °C a intenzita ozáření činila 650 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Pro stanovení rychlosti fotosyntézy a transpirace byly použity platné metodické postupy a návody k přístroji LCpro+ (Návod k přístroji LCpro+). Měření intenzity fotosyntézy a transpirace je založeno na gazometrické metodě, otevřeného systému. Principem těchto metod je měření změny koncentrace oxidu uhličitého a vodních par v atmosféře obklopující asimilující objekt (Šesták et al., 1966).

Referenční (vstupující) a analyzované (vystupující) plyny jsou střídány s tzv. nulovým plynem během měřicího cyklu, který trvá 16 – 20 sekund. Nulový plyn je vytvářen průchodem vzduchu přes natronové vápno, které z něj odstraní veškerý CO₂. Toto uspořádání zajišťuje měření CO₂ v referenčním i analyzovaném plynu. Výsledky měření tvoří záznam automaticky měřených hodnot intenzity fotosyntézy, transpirace, sledování teploty, asimilační plochy, ozáření listové plochy uvnitř komory, koncentrace CO₂, vodivost, datum a čas měření. Záznam měření byl automaticky ukládán po 1 minutě.

5.4.2 Stanovení fluorescence chlorofylu

Hopkins a Hüner (2004) uvádějí, že první kdo informovali o signálu fluorescence chlorofylu, byli Kautsky a Hirsch. Zaznamenané změny v kinetice fluorescence chlorofylu mohou poskytovat informace o stavu a funkčnosti fotosyntetického aparátu. Fluorescence chlorofylu se zaměřuje na vlastnosti reakčního centra fotosystému II (PS II) a dále také na vztah mezi transportem elektronů a asimilací CO₂. Podobné závěry uvádí také Prášil (2003). Dle uvedeného autora je fluorescence chlorofylu spojená s procesy probíhajícími ve fotosystému II, měřením tohoto parametru tak lze získat informaci o míře využití světelné energie v PS II a jeho funkčním stavu v daných podmínkách. Strasser et al. (1995) konstatují, že přetrvávající sucho působí na probíhající fotosyntézu jako důsledek změněné fluorescenční kinetiky chlorofylu *a*. Prášil (2003) dodává, že oblast PS II je nejcitlivější část fotosyntetického aparátu a může být poškozena i nadměrnou intenzitou světla a v některých případech je tok elektronů fotosystému II úměrný celkové rychlosti fotosyntézy. Při využití metod měření fluorescence chlorofylu je možné nastávající stres rostlin detekovat již v raných stádiích, aniž by byl pouhým okem viditelný.

Dle Ashrafa a Harrise (2013) je hojně využíván parametrem poškození fotosystému II maximální kvantový výtěžek fotochemie PS II (hodnota Fv/Fm). Tito autoři uvádějí hodnotu Fv/Fm při nestresových podmínkách pro mnoho druhů rostlin okolo hodnoty 0,8. Leichtenthaler et al. (2005) uvádějí hodnotu Fv/Fm v širším rozpětí kolem hodnot 0,74 – 0,85, přičemž rostliny, které jsou fotoinhibovány (vystaveny stresu) vykazují tuto hodnotu značně nižší.

Měření fluorescence chlorofylu se uskutečnilo přenosným zařízením OS 1-FL (Opti Sciences). Hodnota fluorescence chlorofylu je uváděna v jednotkách Fv/Fm. V rámci jednoho měření bylo vybráno z každé varianty 5 chmelových rostlin a na každou rostlinu bylo umístěno 5 zatmívacích zařízení (Obr. 9). Z jednoho měření bylo získáno 100 hodnot fluorescence chlorofylu (Fv/Fm). Zatemnění listů trvalo 20 minut, a poté bylo provedeno vlastní měření.

5.4.3 Stanovení obsahu chlorofylu v listech

V jednotlivých termínech měření byl zjišťován obsah chlorofylu v listech pomocí přístroje Chlorofyl CCM 200 (DC BioScientific Ltd. Hoddesdon, Velká Británie). Obsah chlorofylu se uvádí v chlorofylmetrických jednotkách (bezrozměrné číslo) v révových listech chmele ŽPČ. Naměřený údaj vyjadřuje relativní množství chlorofylu (a + b) obsaženého v listech. Uvedené

hodnoty vyjadřují průměrnou hodnotu obsahu chlorofylu vypočtenou z 25 měření na 5 listech u každé varianty v jednotlivých termínech měření.



Obr. 9: Umístění zatmívacích zařízení na révových listech chmele (Autor, 2015)

5.5 Stanovení výnosu a kvality chmelových hlávek

Výnos chmelových hlávek z pokusné plochy se hodnotil vážením čerstvého chmele. Z každé varianty bylo sklizeno 95 rostlin a následně ocesáno na stacionární česačce chmele Wolf. Přepočítání výnosu suchého chmele (10,5% vlhkost) z jednoho hektaru byl proveden ze zjištěné čerstvé hmotnosti hlávek z 95 chmelových rostlin. Při stanovení výnosu hlávek byl brán zřetel na zvolený spon výsadby 1 x 2,8 m, to odpovídá 3571 rostlin na 1 ha, při plné obsazenosti chmelnice.

Rozbor chmelových hlávek byl proveden v laboratoři společnosti V. F. Humulus Ltd sídlící v Hořesedlích u Rakovníka. Kvalita sklizených hlávek byla charakterizována obsahem alfa a beta hořkých kyselin metodou kapalinové chromatografie dle EBC 7.7 (HPLC) a dále stanovením obsahu silic metodou plynové chromatografie.

5.5.1 Stanovení obsahu alfa a beta hořkých kyselin metodou vysokotlaké kapalinové chromatografie (HPLC – EBC 7.7)

Tato metoda specifikuje podmínky stanovení chmelových pryskyřic vysokotlakou kapalinovou chromatografií (high pressure liquid chromatography, HPLC) v hlávkovém i mletém chmelu, chmelových peletách a běžných chmelových extraktech. Podstata zkoušky spočívá v tom, že α a β kyseliny jsou z chmele a chmelových produktů extrahovány směsí diethyl-éter-methanol a zředěným roztokem kyseliny chlorovodíkové. Chmelové pryskyřice, vyextrahované do éterové fáze se dělí na chromatografické HPLC koloně s reverzní fází a jsou spektrometricky detekovány při vlnové délce 314 nm. Celkový obsah α kyselin se vyjádří jako hmotnostní podíl součtu obsahu jednotlivých analogů α kyselin, kohumulonu, humulonů a adhumulonů. Stejným způsobem se vyjádří i celkový obsah β kyselin jako součet obsahu kolupulonů, lupulonů a adlupulonů. Obsah α a β kyselin se vyjadřuje v hmotnostních procentech na jedno či dvě desetinná místa (Krofta, 2008).

5.5.2 Stanovení obsahu a složení chmelových silic ve chmelu a chmelových extraktech

Chmelové silice jsou nejdůležitější skupinou obsahových látek chmele odpovědných za aroma chmele a piva. Chmel obsahuje 0,5 – 3 % hmotnostních silic, které jsou obsaženy v lupulinových žlázách chmelové hlávky. Kvantitativní obsah chmelových silic ve chmelu, chmelových peletách i extraktech se stanoví jako podíl, který vytéká s vodní párou v průběhu varu chmele v časovém intervalu 1,5 hodiny. Složení chmelové silice se stanoví kapilární plynovou chromatografií tak, že se vysušená chmelová silice injikuje na kolonu plynového chromatografu v neředěném stavu v množství 0,1 – 0,2 μ l. Chromatografická analýza chmelových silic trvá přibližně 70 minut. Obsah chmelové silice se vyjadřuje v relativních procentech. Největší podíl chmelových silic připadá na terpenické uhlovodíky myrcen, β -caryofylen, α -humulen, β -farnesen a selineny, které tvoří 60 – 80 % hmotnosti silic. Složení chmelových silic je významným chemotaxonomickým parametrem chmelových odrůd. Velké množství farnesenu je typické pro Žatecký poloraný červeňák, naopak velké množství selinenu je typické pro odrůdy jako Harmonie, Rubín, Vital (Krofta, 2008).

5.6 Statistické vyhodnocení

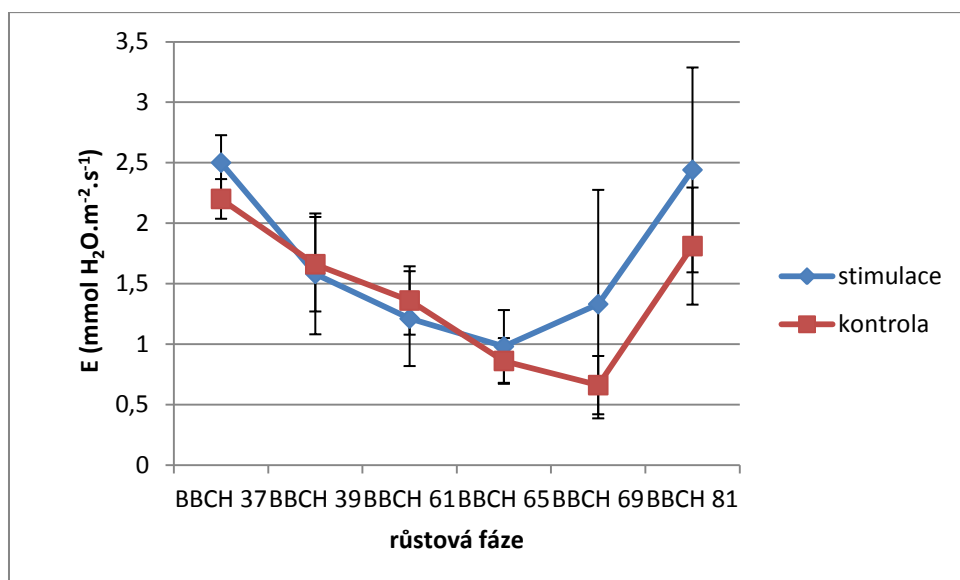
Pro statistické vyhodnocení dat byl použit program STATISTICA 12. Pro statistické zpracování dat byla použita Analýza rozptylu (ANOVA, metoda nejmenších čtverců). Data byla testována při hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Počet opakování byl 4.

6 Výsledky

6.1 Měření fyziologických charakteristik

6.1.1 Rychlost transpirace

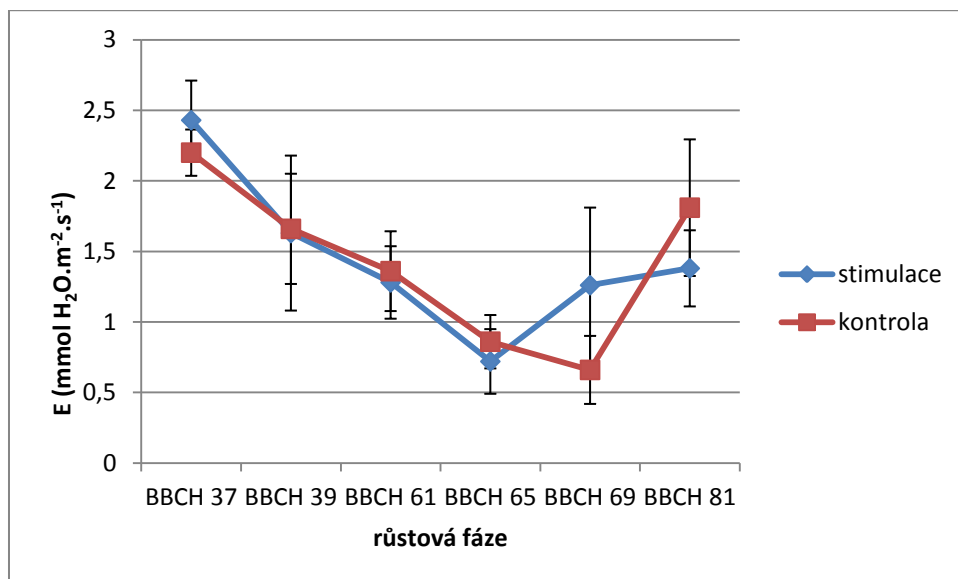
V grafu 1 jsou zobrazeny změny rychlosti transpirace révových listů chmele kontrolních (neošetřených rostlin) a rostlin ošetřených přípravkem Humastar v závislosti na ontogenezi rostlin. Z uvedeného grafu je patrné, že u rostlin ošetřených přípravkem Humastar dochází k poklesu rychlosti transpirace mezi 1. a 4. termínem měření (BBCH 65). Rychlost transpirace v tomto časovém intervalu byla v rozpětí hodnot od 2,5 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (BBCH 37) do 1,33 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (BBCH 65). Poté je již možné zaznamenat postupný nárůst transpirace až do fáze BBCH 81, kdy byla rychlost transpirace u ošetřené varianty ve výši 2,44 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹.



Graf 1: Změny rychlosti transpirace (mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) v závislosti na ontogenetickém vývoji chmele u varianty s aplikací Humastar

V případě kontrolních rostlin (neošetřených) se rychlost transpirace snižovala od prvního měření (2,2 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) až do pátého měření, které se uskutečnilo ve fázi BBCH 69. V této vývojové fázi byla rychlost transpirace révových listů kontrolních rostlin 0,69 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Shodně s ošetřenou variantou se rychlost transpirace kontrolních rostlin zvýšila na konci vegetace, kdy ve srovnání s předchozím termínem měření bylo zaznamenáno zvýšení o 1,15 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ na hodnotu 1,81 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹.

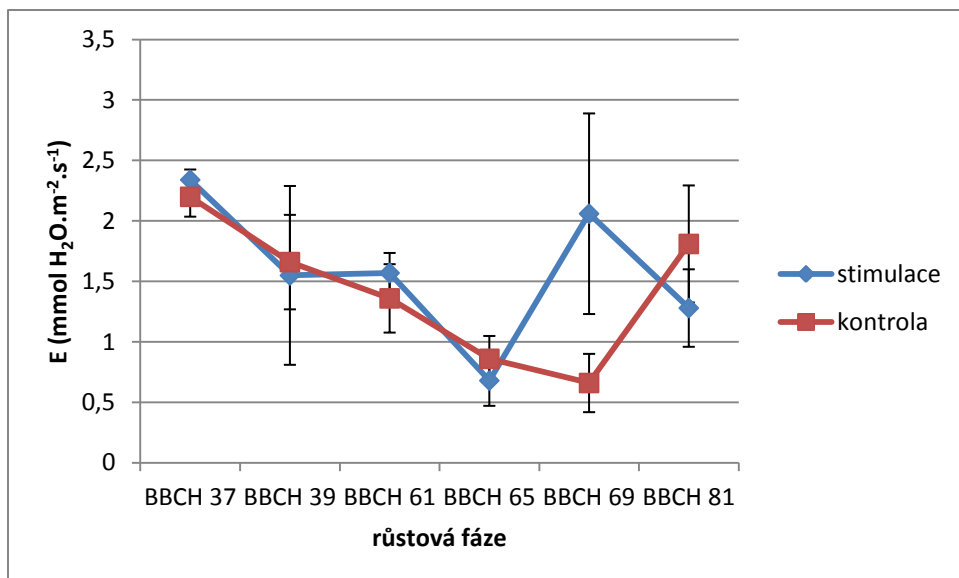
Obdobně, jako v případě aplikace přípravku Humastar, byl zaznamenán pokles rychlosti transpirace chmelových rostlin po aplikaci přípravku Fertileader Vital, jak dokládá graf 2. Z grafu 2 je patrný pokles rychlosti transpirace mezi fázemi vývoje BBCH 37-65 ($2,43 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ - $0,73 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Poté se rychlost transpirace pozvolna zvyšovala až do posledního termínu měření, kdy dosáhla hodnoty $1,38 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. V porovnání s rychlostí transpirace naměřené ve fázi BBCH 65 se jednalo o 52,90% zvýšení transpirace.



Graf 2: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na ontogenetickém vývoji chmele u varianty s aplikací Fertileader Vital

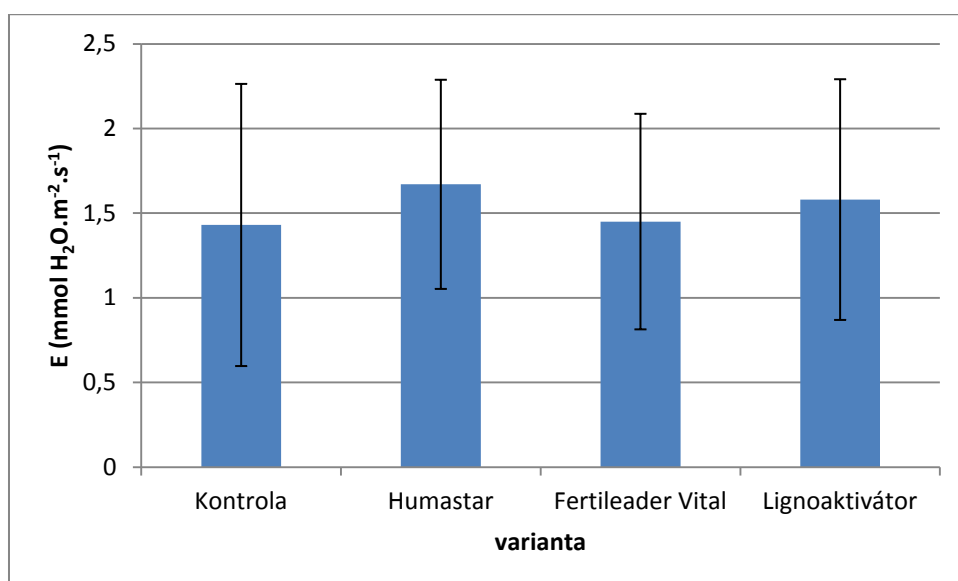
U kontrolních rostlin, bez ošetření, se rychlost transpirace snižovala až do pátého termínu měření, tedy do vývojové fáze BBCH 69. Rychlost transpirace se mezi fázemi vývoje BBCH 37 a BBCH 69 pohybovala v rozpětí hodnot od $2,2 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ do $0,66 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Shodně s ošetřenou variantou se rychlost transpirace zvýšila ve vývojové fázi BBCH 81, kdy dosáhla hodnoty $1,81 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, jak dokládá graf 2.

V případě aplikace přípravku Lignoaktivátor se rychlost transpirace mezi jednotlivými termíny měření snižovala a zvyšovala, jak dokládá graf 3. Mezi fázemi BBCH 37 ($2,34 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a BBCH 39 byl zaznamenán neprůkazný pokles rychlosti transpirace, který byl vystřídán naopak neprůkazným zvýšením transpirace. Ve fázi BBCH 61 se opět rychlost transpirace průkazně snížila na hodnotu $0,68 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, viz graf 3. Z uvedeného grafu dále vyplývá, že nejvyšší nárůst transpirace byl zaznamenán mezi BBCH 65 až 69 a to o $1,35 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Mezi BBCH 69 a BBCH 81 byl naopak zaznamenán pokles transpirace o $0,78 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.



Graf 3: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na ontogenetickém vývoji chmele u varianty s aplikací Lignoaktivátor

Rostliny neošetřené přípravkem Lignoaktivátor snižují rychlost transpirace v závislosti na ontogenetickém vývoji, kdy pokles transpirace je zaznamenán mezi fázemi BBCH 37 a 69. Ve fázi BBCH 69 byla rychlost transpirace ve výši $0,66 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, kdežto na počátku měření byla o $1,54 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ vyšší, jak vyplývá z grafu 3. Z uvedeného grafu je dále patrné, že rychlost transpirace kontrolních rostlin chmele se zvyšuje až do fáze BBCH 81, kdy dosáhla hodnoty $1,81 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, což představuje zvýšení o $1,15 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v porovnání s fází předcházející.

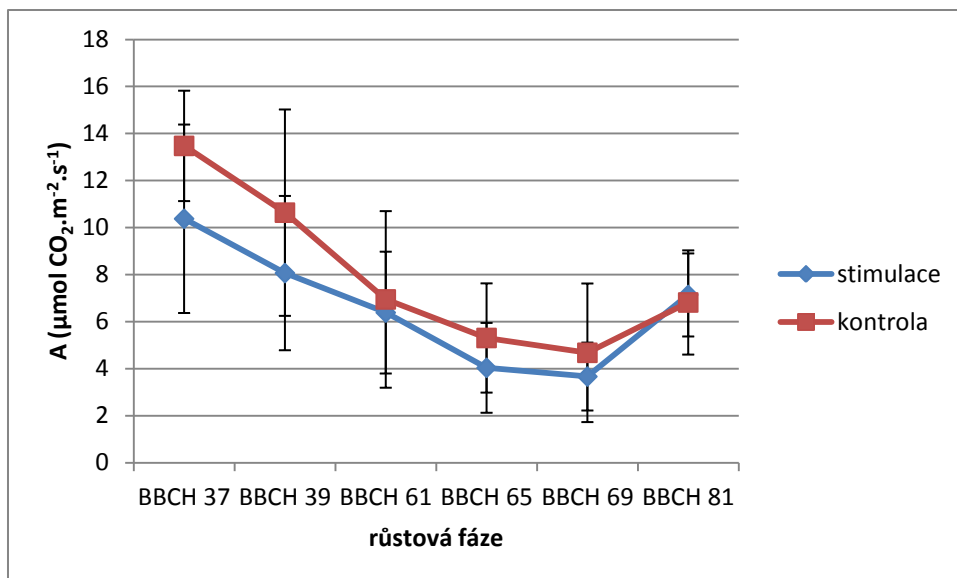


Graf 4: Změny rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) v závislosti na variantě pokusu

Z grafu 4 vyplývá, že rychlost transpirace byla vyšší u rostlin chmele ošetřených testovanými látkami v porovnání s variantou kontrolní, neošetřenou. V případě kontrolních rostlin byla průměrná rychlost transpirace ve výši $1,42 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Na straně druhé nejvyšší rychlost transpirace byla zaznamenána u rostlin ošetřených přípravkem Humastar $1,68 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. V porovnání s kontrolou se jedná o zvýšení 18,3 %. I přesto nebyly zjištěny průkazné diference v rychlosti transpirace v závislosti na použitém stimulačním přípravku.

6.1.2 Rychlost fotosyntézy

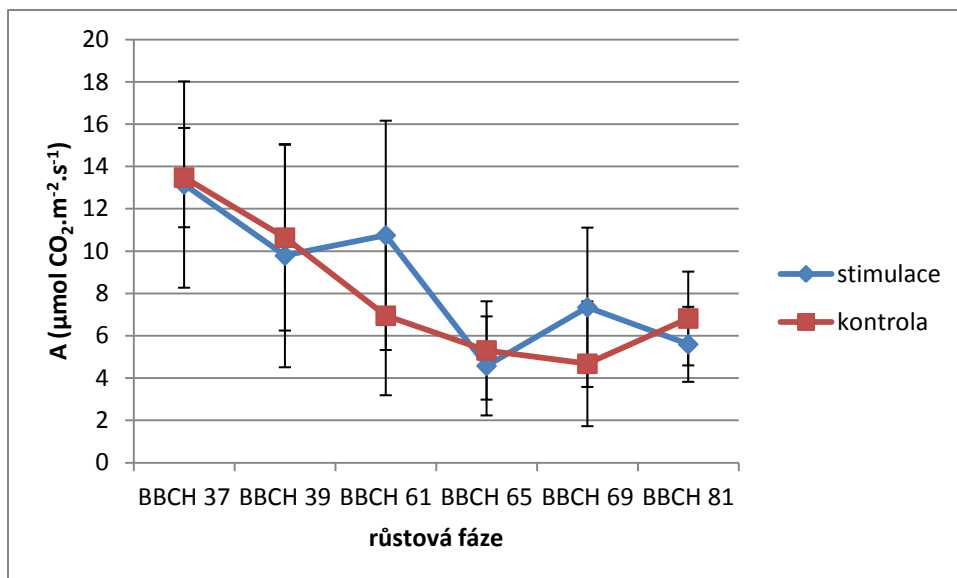
V grafu 5 jsou zobrazeny změny rychlosti fotosyntézy révových listů chmele kontrolních (neošetřených) rostlin a rostlin ošetřených přípravkem Humastar v závislosti na ontogenezi rostlin. Z uvedeného grafu je patrné, že se rychlost fotosyntézy ošetřené varianty snižovala z hodnoty $10,38 \text{ } \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (BBCH 37) na $3,67 \text{ } \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ zjištěné ve fázi BBCH 69. Poté bylo zaznamenáno navýšení rychlosti fotosyntézy na hodnotu $7,14 \text{ } \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ zjištěnou na konci pokusu (BBCH 81).



Graf 5: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na ontogenetickém vývoji chmele u varianty s aplikací Humastar

U neošetřené varianty byl zaznamenán podobný trend rychlosti fotosyntézy jako u ošetřené varianty jak dokladuje graf 5. Na počátku pokusu byla zjištěna rychlost fotosyntézy ve výši $13,48 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (BBCH 37) a snižovala se až do fáze BBCH 69 na hodnotu $4,68 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Shodně s ošetřenou variantou bylo zaznamenáno navýšení rychlosti fotosyntézy v závěru pokusu BBCH 81 o $2,14 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ na hodnotu $6,82 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

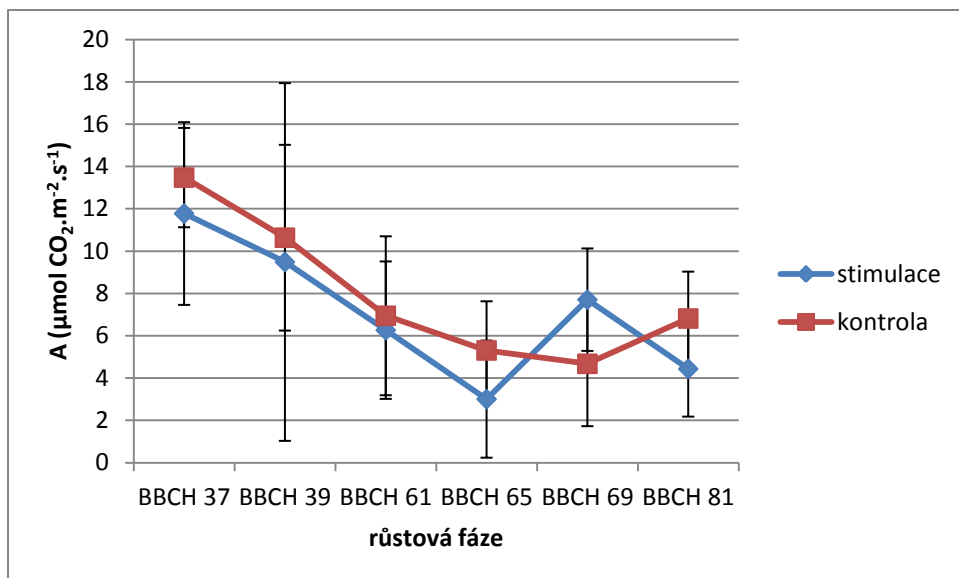
U aplikace přípravku Fertileader Vital se rychlost fotosyntézy dle grafu 6 snižovala a zvyšovala v průběhu pokusu. Na počátku pokusu byla zjištěna rychlost fotosyntézy ve výši $13,15 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, z této hodnoty došlo ke statisticky neprůkaznému snížení fotosyntézy ve fázi BBCH 39 na hodnotu $9,79 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Tento pokles byl vystřídán neprůkazným navýšením fotosyntézy o $0,96 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Ve fázi vývoje BBCH 69 byl zaznamenán statisticky neprůkazný nárůst rychlosti fotosyntézy po předchozím poklesu. Rychlost fotosyntézy ve fázi BBCH 69 byla $7,35 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Na konci pokusu ve fázi BBCH 81 bylo zaznamenáno snížení fotosyntézy na hodnotu $5,60 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.



Graf 6: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na ontogenetickém vývoji chmele u varianty s aplikací Fertileader Vital

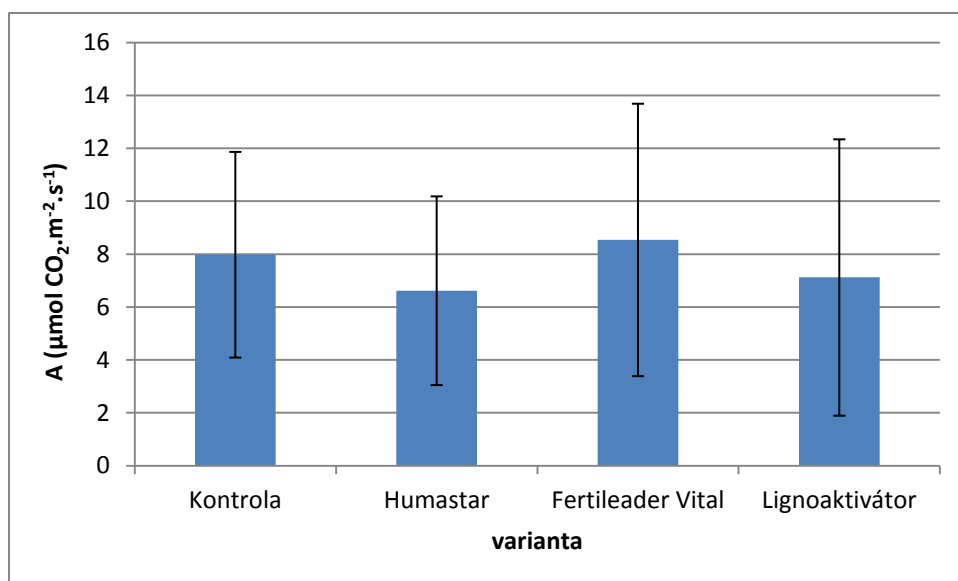
V rámci kontrolní (neošetřené) varianty došlo k poklesu rychlosti fotosyntézy z počátečních $13,48 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (BBCH 37) až na $4,68 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ zjištěnou ve vývojové fázi BBCH 69. Na konci měření (BBCH 81) byla zjištěna hodnota rychlosti fotosyntézy $6,82 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Jednalo se o 45,7% navýšení.

Obdobný trend průběhu rychlosti fotosyntézy réвовých listů chmele byl zjištěn i u ošetřené varianty přípravkem Lignoaktivátor jak dokládá graf 7. Z něho je patrný pokles rychlosti fotosyntézy mezi fázemi vývoje BBCH 37-65 z hodnoty $11,78 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ na hodnotu $3,01 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Toto snížení bylo o 74,4 %, jedná se tedy o průkazné snížení rychlosti fotosyntézy. Obdobně jako u ošetřené varianty Fertileader Vital bylo zaznamenáno navýšení rychlosti fotosyntézy ve vývojové fázi BBCH 69 na hodnotu $7,71 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Na konci pokusu ve fázi BBCH 81 došlo ke snížení fotosyntézy na hodnotu $4,44 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.



Graf 7: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na ontogenetickém vývoji chmele u varianty s aplikací Lignoaktivátor

V rámci neošetřené varianty dle grafu 7 snižují rostliny fotosyntézu v závislosti na ontogenetickém vývoji, kdy pokles rychlosti fotosyntézy je zaznamenán mezi fázemi BBCH 37 a 69. Ve fázi BBCH 69 byla rychlost fotosyntézy $4,68 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, kdežto na počátku měření byla $13,48 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Toto snížení je o 65,3 %. Z uvedeného grafu je dále patrné, že rychlost fotosyntézy se ve fázi BBCH 81 zvyšuje na $6,82 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

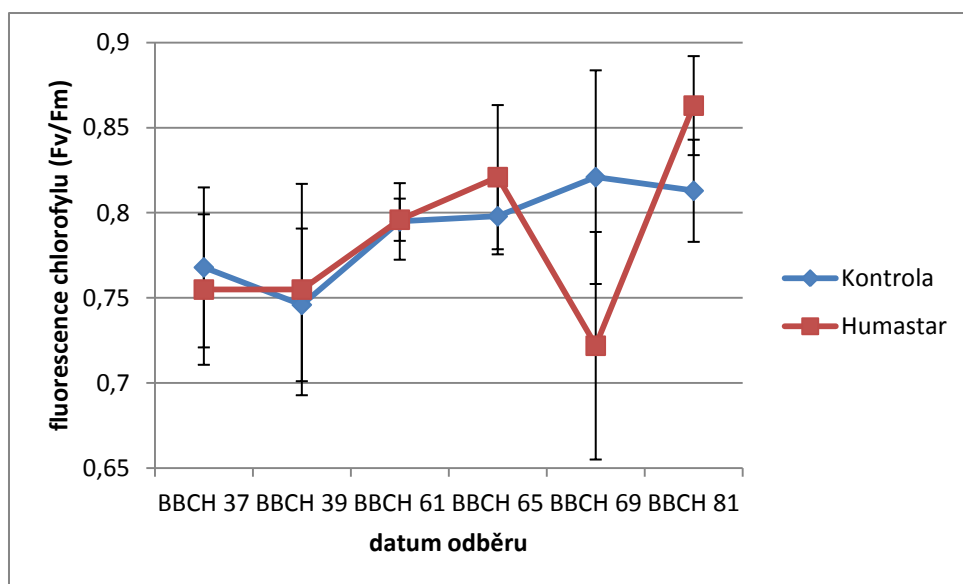


Graf 8: Změny rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na variantě pokusu

Z grafu 8 vyplývá, že u stimulovaných variant přípravky Humastar a Lignoaktivátor byla zaznamenána nižší průměrná rychlost fotosyntézy než u kontrolní varianty a zároveň varianta Humastar vykazovala nejnižší průměrnou hodnotu fotosyntézy ze všech sledovaných variant. U kontrolní varianty byla naměřena průměrná rychlost fotosyntézy $7,98 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (100 %). U varianty Humastar byla naměřena průměrná rychlost fotosyntézy o 17,00 % nižší ($6,62 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), než u kontrolní varianty. Varianta Lignoaktivátor vykazovala o 10,80 % nižší rychlost fotosyntézy ($7,12 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) než kontrolní varianta. U varianty Fertileader Vital byla naměřena nejvyšší průměrná rychlost fotosyntézy ze všech sledovaných variant ($8,54 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), což bylo o 7,00 % více než u kontrolní varianty. I přes tyto rozdíly nebyly zaznamenány průkazně rozdílné diference mezi variantami.

6.1.3 Fluorescence chlorofylu

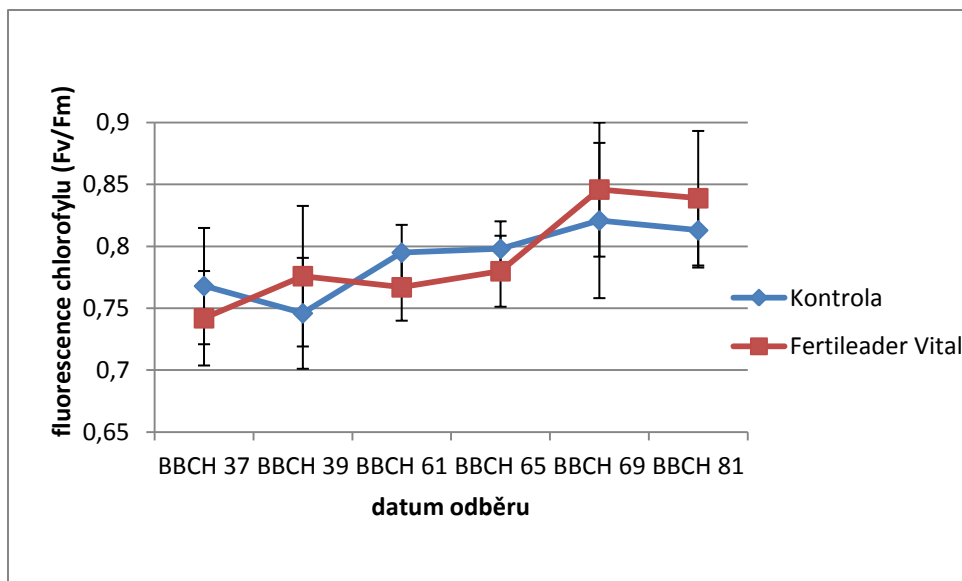
Graf 9 zobrazuje průběh fluorescence kontrolní a ošetřené varianty přípravkem Humastar. Jak dokládá graf 9, u neošetřené kontrolní varianty byl zaznamenán mezi prvním (BBCH 37) a druhým (BBCH 39) měřením mírný pokles fluorescence chlorofylu révových listů. Mezi fázemi vývoje BBCH 61 a BBCH 81 byl zaznamenán nárůst hodnoty Fv/Fm. Při posledním měření byla zjištěna hodnota poměru Fv/Fm 0,813.



Graf 9: Průběh fluorescence chlorofylu-varianta Humastar

U ošetřené varianty přípravkem Humastar se dle grafu 9 hodnoty Fv/Fm zvyšovaly již od prvního měření (BBCH 37). Poměr Fv/Fm byl ve fázi BBCH 37 0,755 a tato hodnota se zvyšovala až do fáze vývoje BBCH 65, kdy naměřený poměr Fv/Fm byl 0,821. Při pátém měření ve vývojové fázi BBCH 69 bylo zjištěno statisticky neprůkazné snížení fluorescence chlorofylu na hodnotu Fv/Fm 0,722. Při posledním měření (BBCH 81) se poměr Fv/Fm zvýšil o 19,5 % na hodnotu 0,863.

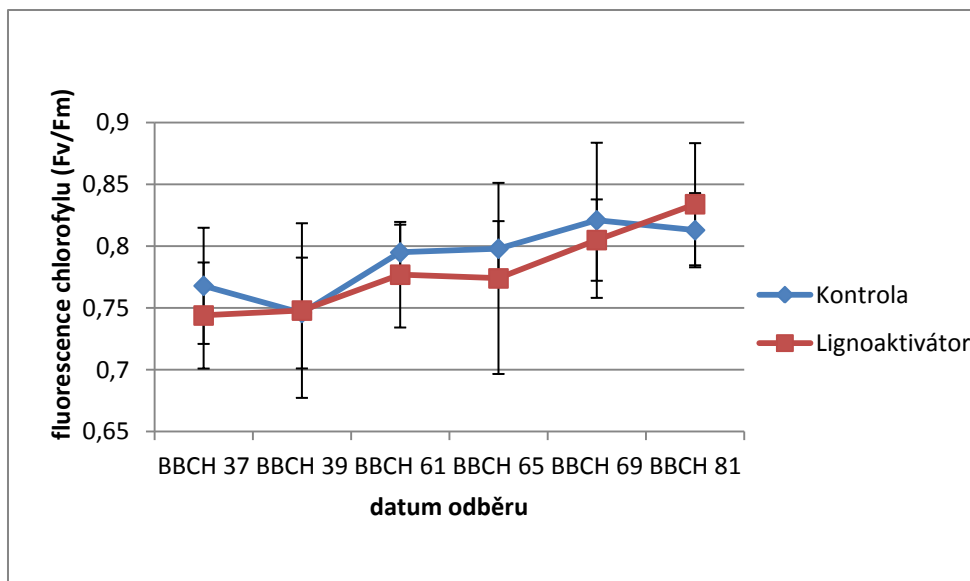
Graf 10 znázorňuje průběh fluorescence chlorofylu neošetřené kontrolní varianty a ošetřené varianty přípravkem Fertileader Vital. Dle grafu 10 došlo u ošetřené varianty přípravkem Fertileader Vital ke zvyšování a snižování hodnoty Fv/Fm. Ve vývojové fázi BBCH 37 byla naměřena hodnota poměru Fv/Fm 0,742, která se ve vývojové fázi BBCH 39 neprůkazně zvýšila na hodnotu 0,776. Mezi fázemi vývoje BBCH 39 – 65 bylo zaznamenáno snížení a zvýšení hodnoty Fv/Fm, kdy ve fázi BBCH 65 byl poměr Fv/Fm 0,78. Při pátém a šestém měření byl zaznamenán neprůkazný nárůst hodnoty Fv/Fm na 0,846 (BBCH 69). Tato hodnota byla v rámci ošetřené varianty Fertileader Vital nejvyšší, navýšení bylo o 8,50 % oproti předchozí fázi vývoje. V závěru pokusu došlo k mírnému snížení fluorescence chlorofylu na hodnotu Fv/Fm 0,839 (BBCH 81).



Graf 10: Průběh fluorescence chlorofylu-varianta Fertileader Vital

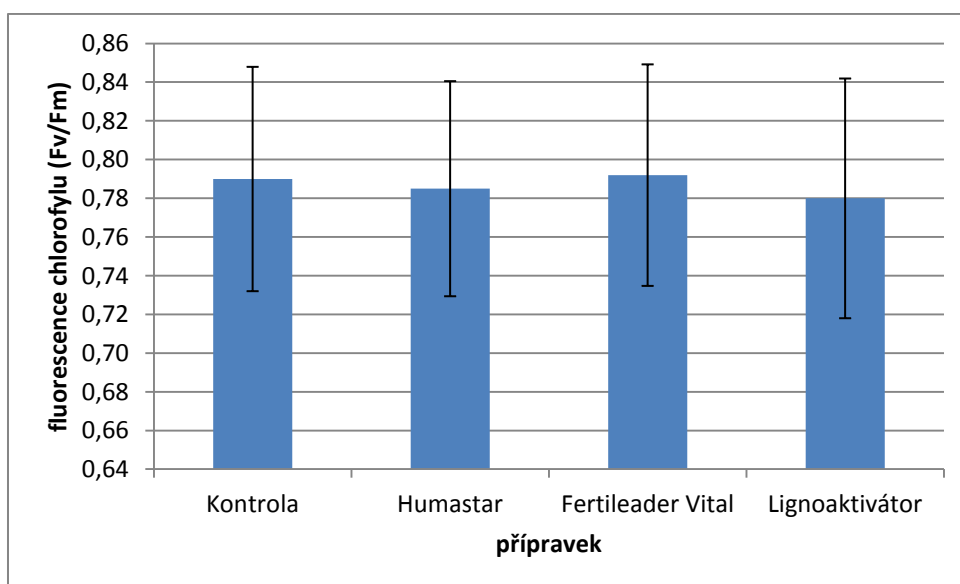
U neošetřené kontrolní varianty bylo dle grafu 10 zaznamenáno mezi vývojovými fázemi BBCH 37-39 neprůkazné snížení hodnoty Fv/Fm o 2,90 %. Od fáze vývoje BBCH 39 až do BBCH 81 byl zjištěn pozvolný téměř lineární nárůst hodnoty fluorescence chlorofylu Fv/Fm. Navýšení fluorescence chlorofylu bylo mezi uvedenými vývojovými fázemi o 9,00 %. Na konci pokusu bylo dosaženo u kontrolní varianty neprůkazně nižší hodnoty Fv/Fm oproti ošetřené variantě.

Graf 11 porovnává průběh křivek hodnoty měření fluorescence chlorofylu mezi neošetřenou a ošetřenou variantou přípravkem Lignoaktivátor. U kontrolní varianty je patrný pokles fluorescence chlorofylu z počáteční hodnoty Fv/Fm 0,768 (BBCH 37) na 0,746 (BBCH 39) při druhém měření. Po druhém měření byl zaznamenán téměř lineární nárůst hodnoty Fv/Fm až na hodnotu 0,813 zaznamenanou při posledním měření (BBCH 81).



Graf 11: Průběh fluorescence chlorofylu-varianta Lignoaktivátor

U ošetřené varianty byl dle grafu 11 zaznamenán téměř lineární nárůst hodnoty fluorescence chlorofylu mezi fázemi vývoje BBCH 37–81. Hodnota F_v/F_m ve fázi BBCH 37 byla u ošetřené varianty zaznamenána 0,744 a hodnota fluorescence chlorofylu F_v/F_m ve fázi vývoje BBCH 81 byla 0,834. Jednalo se o 12,10% navýšení v průběhu celého pokusu. Toto navýšení však nebylo statisticky průkazné.

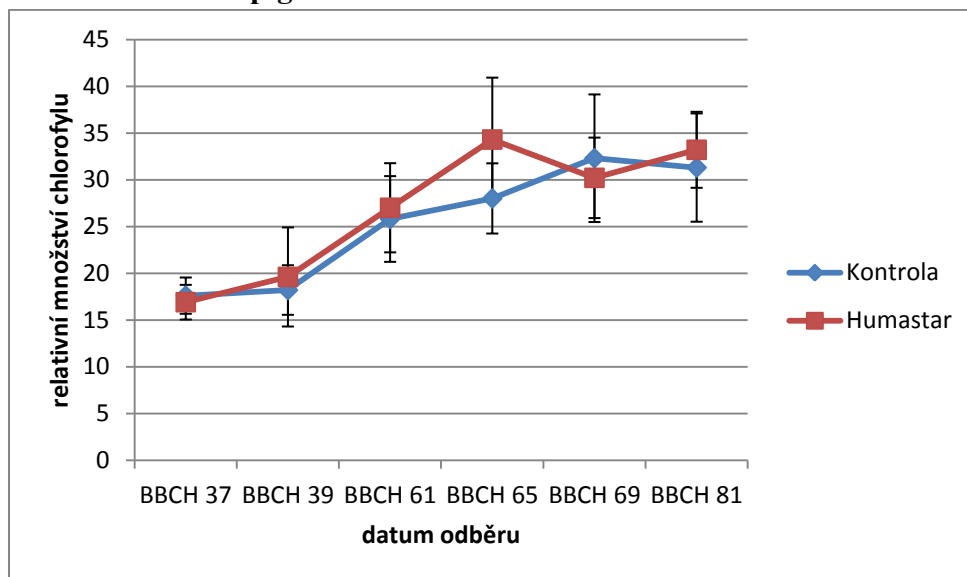


Graf 12: Průměrná hodnota fluorescence chlorofylu (F_v/F_m) sledovaných variant

Graf 12 porovnává průměrné hodnoty fluorescence chlorofylu sledovaných variant. Nejvyšší průměrnou hodnotu F_v/F_m vykazuje varianta Fertileader Vital a to 0,792, naopak nejnižší hodnota F_v/F_m byla zaznamenána u stimulované varianty Lignoaktivátor 0,780. Z těchto

hodnot neleze vyvodit průběh fluorescence chlorofylu během vegetace, neboť u varianty Lignoaktivátor, kde byla průměrná hodnota F_v/F_m nejnižší ze všech variant, však nebyly zaznamenány výkyvy v průběhu měření a nárůst fluorescence chlorofylu byl pozvolný a téměř lineární. Fluorescence chlorofylů nebyla průkazně ovlivněna variantou pokusu.

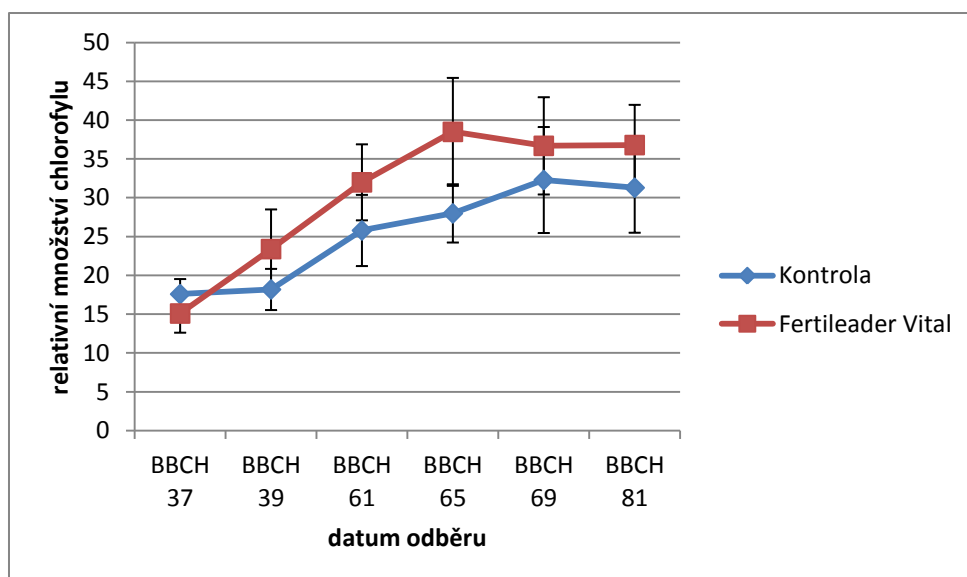
6.1.4 Obsah pigmentů



Graf 13: Průběh obsahu pigmentů v révových listech-Humastar

Graf 13 zobrazuje průběh hodnot chlorofylmetrických jednotek neošetřené varianty a ošetřené varianty přípravkem Humastar. Z grafu 13 vyplývá, že u ošetřené varianty, ale i u kontroly v průběhu pokusu narůstal obsah pigmentů v révových listech. U ošetřené varianty bylo naměřeno na počátku pokusu (BBCH 37) 16,9 chlorofylmetrických jednotek a na konci pokusu (BBCH 81) 33,2 jednotek. Jednalo se o navýšení obsahu pigmentů v révových listech o 96,40 %. Nejvyšší obsah pigmentů v listech byl naměřen při čtvrtém odběru (BBCH 65) a to 34,3 chlorofylmetrických jednotek.

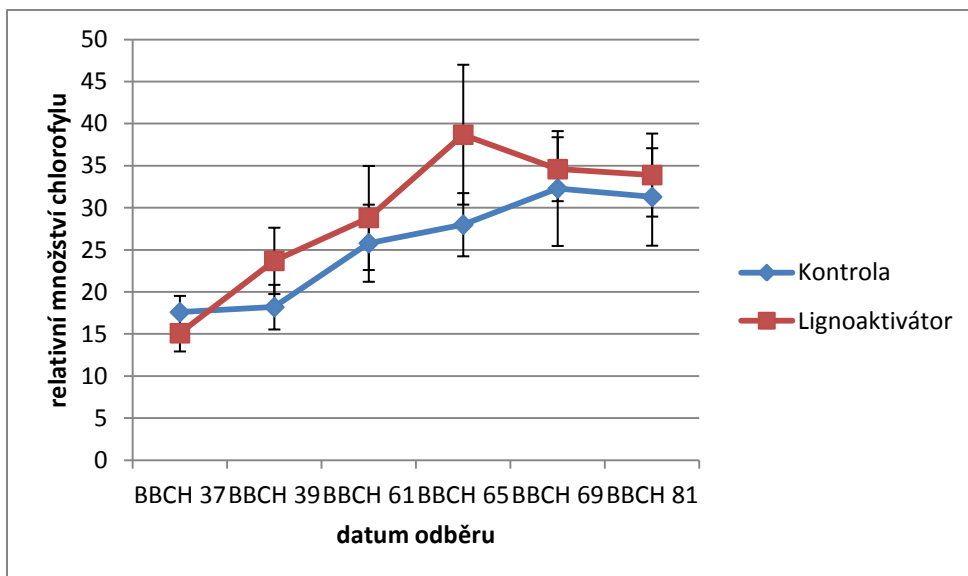
U neošetřené varianty byl zaznamenán téměř lineární nárůst obsahu pigmentů, kdy na počátku měření (BBCH 37) bylo naměřeno 17,6 chlorofylmetrických jednotek a na konci pokusu (BBCH 81) 31,3 chlorofylmetrických jednotek. Ve fázi vývoje BBCH 65 bylo zjištěno 28 chlorofylmetrických jednotek. Tato hodnota je o 6,3 jednotek nižší, než bylo zjištěno u ošetřené varianty ve stejné fázi vývoje. Tento rozdíl však nebyl statisticky průkazný.



Graf 14: Průběh obsahu pigmentů v révových listech-varianta Fertileader Vital

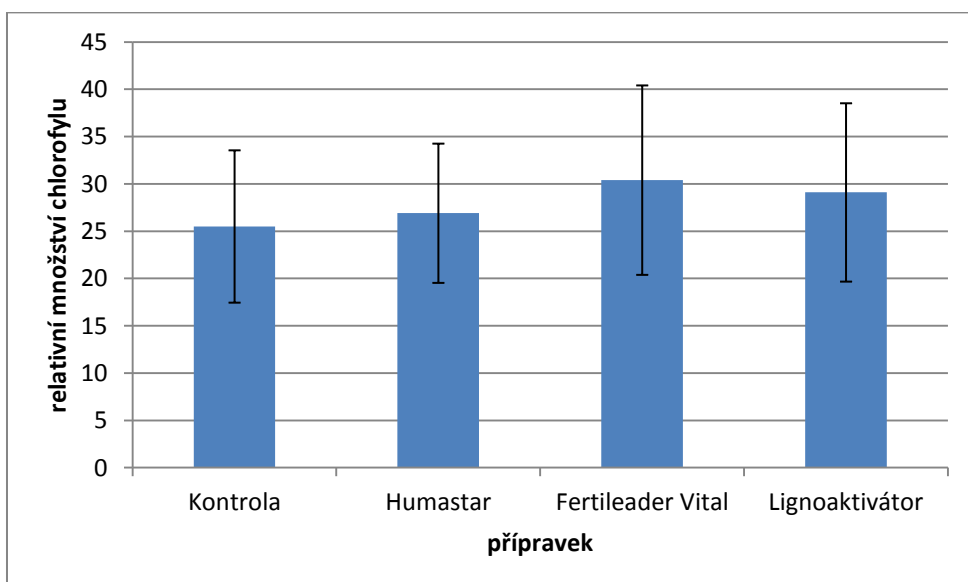
Z grafu 14 je patrné porovnání průběhu hodnot obsahu pigmentů v révových listech chmele neošetřené a ošetřené varianty přípravkem Fertileader Vital. U ošetřené varianty bylo naměřeno na počátku pokusu (BBCH 37) 15,1 chlorofylmetrických jednotek a na konci pokusu (BBCH 81) 36,8 jednotek. Toto navýšení bylo o 143,70 %. Shodně jako u předchozí varianty byla nejvyšší hodnota obsahu pigmentů zjištěna při 4. odběru (BBCH 65) 38,5 chlorofylmetrických jednotek. U neošetřené varianty byl obsah pigmentů nižší v porovnání s křivkou ošetřené varianty. Největší rozdíl mezi neošetřenou a ošetřenou variantou v obsahu pigmentů byl zjištěn ve fázi vývoje BBCH 65. Obsah pigmentů v révových listech chmele byl u neošetřené varianty nižší o 10,5 chlorofylmetrických jednotek. Tento rozdíl však nebyl statisticky průkazný.

Graf 15 porovnává průběh hodnot obsahu pigmentů neošetřené a ošetřené varianty přípravkem Lignoaktivátor. U ošetřené varianty bylo zjištěno ve fázi vývoje BBCH 37 15,1 chlorofylmetrických jednotek. Nárůst obsahu pigmentů v révových listech byl zaznamenán až do fáze vývoje BBCH 65, kdy bylo zjištěno 38,7 chlorofylmetrických jednotek. Tato hodnota byla v rámci ošetřené varianty Lignoaktivátor nejvyšší. Mezi fázemi vývoje BBCH 65–81 došlo ke snížení obsahu pigmentů, kdy na konci pokusu (BBCH 81) bylo naměřeno 33,9 chlorofylmetrických jednotek.



Graf 15: Průběh obsahu pigmentů v révových listech-varianta Lignoaktivátor

U neošetřené varianty byl dle grafu 15 zaznamenán téměř lineární nárůst obsahu pigmentů v révových listech chmele. V průběhu měření byl zjištěn statisticky neprůkazně nižší obsah pigmentů než u ošetřené varianty. Nejvyšší rozdíl v obsahu pigmentů byl zaznamenán shodně jako u předchozích variant ve fázi vývoje BBCH 65, kdy rozdíl činil 10,7 chlorofylmetrických jednotek. Tento výsledek však nebyl statisticky průkazný.



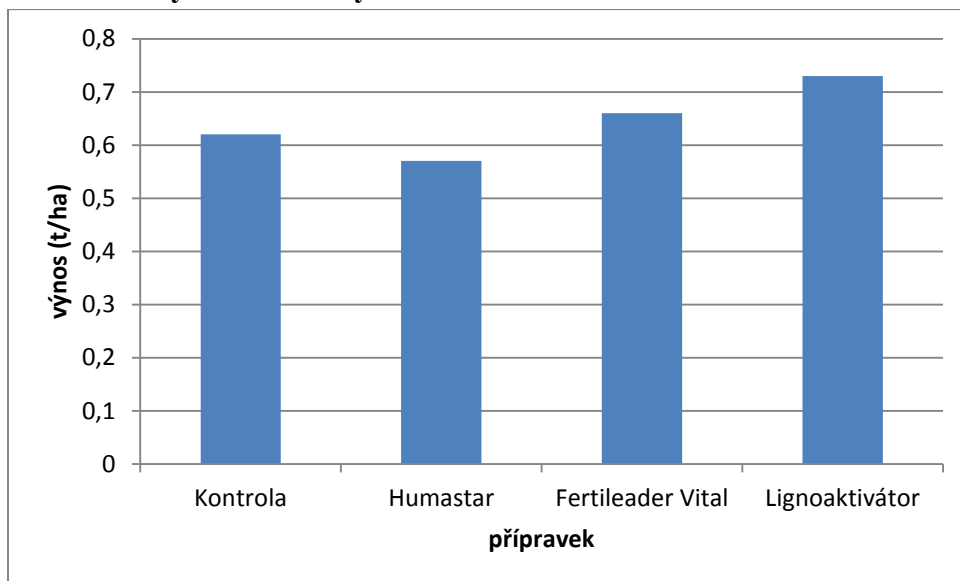
Graf 16: Průměrný obsah pigmentů v révových listech sledovaných variant

Z grafu 16 vyplývá, že u všech stimulovaných variant byl naměřen vyšší obsah pigmentů v révových listech než u kontrolní varianty. Nejvyšší průměrný obsah pigmentů v listech vykazovala varianta Fertileader Vital (30,4 chlorofylmetrických jednotek), což je o 19,20 %

více než u kontrolní varianty (25,5 chlorofylmetrických jednotek). U varianty Humastar byl naměřen o 5,50 % vyšší obsah pigmentů (26,9 chlorofylmetrických jednotek) v listech než u kontrolní varianty. U varianty Lignoaktivátor byl naměřen o 14,10 % vyšší obsah pigmentů v révových listech (29,1 chlorofylmetrických jednotek) než u kontrolní varianty. Mezi variantami pokusu však nebyly nalezeny průkazné diference v obsahu pigmentů.

6.2 Výnos a kvalita chmelových hlávek

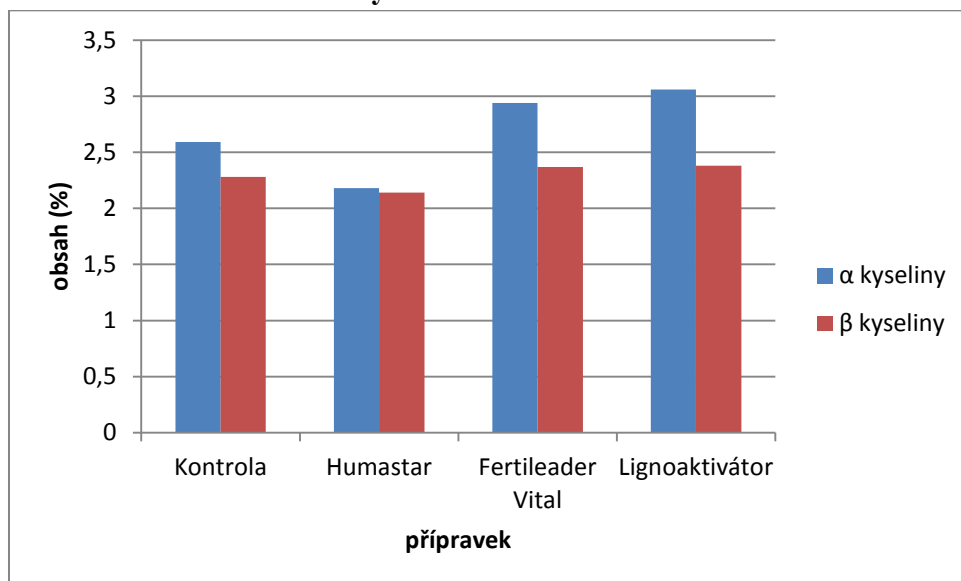
6.2.1 Výnos chmelových hlávek



Graf 17: Vliv varianty pokusu na výši výnosu ($t \cdot ha^{-1}$) suchých hlávek chmele

Z grafu 17 je patrné, že u kontrolní varianty bez použití stimulatorů růstu byl výnos suchých chmelových hlávek $0,62 t \cdot ha^{-1}$ (100 %). Oproti tomu u rostlin ošetřených přípravkem Humastar bylo zaznamenáno snížení výnosu hlávek o 8,1 %, na úroveň $0,57 t \cdot ha^{-1}$. V případě aplikace přípravků Fertileader Vital a Lignoaktivátor se naopak výnos suchých hlávek v porovnání s kontrolou zvýšil o 6,5 % ($0,66 t \cdot ha^{-1}$) a 17,7 % ($0,73 t \cdot ha^{-1}$).

6.2.2 Kvalita chmelových hlávek



Graf 18: Obsah α a β kyselin ve sklizených chmelových hlávkách

Vliv varianty na obsah α a β -kyselin je uveden v grafu 18. Z uvedeného grafu vyplývá, že obsah α a β -kyselin byl u varianty s přípravkem Humastar nižší v porovnání s ostatními variantami, kdy u této varianty byl obsah α -kyselin 2,18 % a β -kyselin 2,14 %. V případě kontrolních rostlin byl průměrný obsah α -kyselin 2,59 % a β -kyselin 2,28 %. Naopak u varianty Fertileader Vital byl zjištěn obsah α -kyselin 2,94 % a β -kyselin 2,37 %. U varianty Lignoaktivátor byl zjištěn nejvyšší obsah α i β -kyselin ze všech variant. Obsah α -kyselin byl 3,06 % a β -kyselin 2,38 %.

Obsah silic stanovený metodou plynové chromatografie						
Varianta	Objem/100 g vzorku (ml)	β -pinene (rel %)	β -myrcene (rel %)	β -caryophyllene (rel %)	α -humulen (rel %)	β -farnesen (rel %)
Kontrola	0,20	0,00	29,65	6,53	26,81	13,36
Humastar	0,14	0,47	30,42	7,17	27,32	15,68
Fertileader Vital	0,20	0,59	37,64	6,45	24,20	15,88
Lignoaktivátor	0,22	0,64	41,50	5,86	22,11	14,93

Tab. 9: Obsah silic stanovený metodou plynové chromatografie u jednotlivých variant

Tabulka 9 shrnuje výsledky rozboru na obsah silic v suchých hlávkách chmele stanovených metodou plynové chromatografie. Nejnižší celkový objem silic na 100 g vzorku byl zaznamenán u varianty Humastar a to 0,14 ml. Nejvyšší objem silic ve 100g vzorku hlávek byl stanoven u varianty Lignoaktivátor s hodnotou 0,22 ml. Kontrolní varianta a varianta Fertileader Vital vykazovaly shodný obsah silic ve vzorku a to 0,20 ml. V případě relativního

procentuálního zastoupení silice β -farnesen byl nejvyšší relativní obsah naměřen u varianty Fertileader Vital (15,88 %). Naopak nejnižší relativní obsah β -farnesenu byl zaznamenán u kontrolní varianty (13,36%). U variant Fertileader Vital a Lignoaktivátor byl zaznamenán pokles relativního obsahu silice α -humulen oproti kontrole o 2,61 % respektive o 4,70 %, naopak u těchto dvou variant došlo k relativnímu nárůstu silice β -myrcene oproti kontrolní variantě o 7,99 % respektive o 11,85 %. U silic β -pinene, β -caryophyllene nebyl naměřen zásadní rozdíl v jejich relativním obsahu.

7 Diskuze

7.1 Rychlost transpirace

Průměrná rychlost transpirace byla u všech ošetřených variant vyšší v porovnání s kontrolní variantou. Nejvyššího navýšení průměrné rychlosti transpirace bylo dosaženo u varianty Humastar o 18,3 % oproti kontrole. Průměrná rychlost transpirace všech variant se pohybovala v rozmezí od 1,42 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ do 1,68 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Obdobné závěry uvádí také Pokorný (2011).

Průměrné hodnoty transpirace českých chmelových odrůd se pohybovaly během vegetace kolem hodnoty 1,0 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Pokorný (2011) dále konstatuje, že rychlost transpirace v průběhu ontogeneze chmelových rostlin klesá. S tímto závěrem lze částečně souhlasit, neboť se transpirace u všech stimulovaných variant (Humastar, Fertileader Vital, Lignoaktivátor) snižovala od počátku měření (BBCH 31), kdy průměrná hodnota transpirace byla 2,37 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ až do fáze BBCH 65 (průměrná hodnota transpirace činí 0,83 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹), poté bylo zaznamenáno navýšení transpirace až do fáze BBCH 81 (1,73 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). Tyto hodnoty nejsou v souladu s výsledky Hejnáka et al. (2014), kteří u rostlin chmele zaznamenali nejvyšší hodnoty transpirace ve fázi vývoje BBCH 61-69. U kontrolní varianty bylo zaznamenáno postupné snížení transpirace až do fáze BBCH 69, poté následovalo navýšení transpirace a ve fázi BBCH 81 bylo naměřeno 1,81 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Navýšení transpirace u všech sledovaných variant je dáno obdobím srážek, které přišly v druhé dekádě srpna po dlouhotrvajícím období beze srážek a převládajícím suchému a teplému průběhu počasí. Podobné výsledky uvádějí také Naor a Cohen (2003), kteří zkoumali vliv sucha a následné závlahy na transpiraci jabloní. Zjistili, že při snižujícím se obsahu vody v substrátu je zaznamenán klesající trend rychlosti transpirace rostlin. Při dodání doplňkové závlahy transpirace narůstá. Při sklizni pokusu byl na chmelových rostlinách stále patrný květ. Uvedené skutečnosti odpovídají i výsledkům Hnilíčkové et al. (2008) kteří sledovali průběh transpirace u odrůd Agnus, Premiant, Harmonie a novošlechtění 4257. Tito autoři zjistili nejnižší hodnotu transpirace v období technické zralosti hlávek a konstatují, že nejvyšší transpirace byla zjištěna v období kvetení chmele. Meng et al. (2006) potvrdili podobné závěry také u rostlin pšenice.

Hnilíčková et al. (2009) uvádějí rozmezí hodnot transpirace u pokusných rostlin chmele v nádobových pokusech od 2,98 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ do 3,69 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Uvedené hodnoty rychlosti transpirace byly naměřeny u juvenilních rostlin chmele, které vykazovaly

v částečně řízených skleníkových podmínkách vyšší rychlost transpirace v porovnání s naměřenými hodnotami z polních pokusů. Nejnižší rozdíly v rychlosti transpirace mezi ošetřenými variantami a neošetřenou variantou (kontrolou) byly zaznamenány u varianty s aplikací Fertileader Vital (cytokininy), kdy rozdíl činil pouze 2,8 %. Podobný závěr uvádějí také Guoying et al. (2003) u rostlin tabáku (*Nicotiana tabacum* L.). Uvedení autoři zjistili, že po exogenní aplikaci cytokininů (6-benzylaminopurin) na listy tabáku nedošlo k navýšení transpirace. Obdobné závěry uvádějí pro rostliny kukuřice (*Zea mays* L.) také Bouranis et al. (2014).

Ashraf et al. (2006) uvádějí navýšení transpirace po foliární aplikaci auxinu (IAA) u dvou odrůd ječmene (*Hordeum vulgare* L.) oproti kontrolní variantě bez aplikace stimulantu. Navýšení transpirace nebylo ani u jedné odrůdy statisticky průkazně vyšší než u kontroly. Uvedený závěr byl potvrzen u varianty Lignoaktivátor (obsah auxinů), kdy bylo zjištěno navýšení transpirace chmelových rostlin o 12 % v porovnání s kontrolními rostlinami. Tento rozdíl však nebyl statisticky průkazný.

7.2 Fotosyntéza

Dle Rybáčka (1980) začíná fotosyntetický proces u chmele již jeho rašením, kdy k zásobním látkám z podzemních orgánů chmele začínají přibývat také organické látky vzniklé při fotosyntéze. Zásobní látky se při dlouhivém růstu chmele uplatňují až do počátku tvorby pazochů. Na počátku pokusu, kdy rostliny byly ve fázi BBCH 37 (prodlužování výhonů) byla průměrná rychlost fotosyntézy všech sledovaných variant $12,2 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a vlivem déletrvajících srážkového deficitu se rychlost fotosyntézy postupně snižovala až do fáze kvetení (BBCH 65) na hodnotu $4,24 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Tento závěr je v souladu s prací Pokorného et al. (2007), kteří uvádějí snížení fotosyntézy chmele za vegetace vlivem již krátkodobého sucha. Gimenez et al. (1992) uvádějí snížení rychlosti fotosyntézy vlivem krátkodobého působení vodního stresu na rostliny slunečnice (*Helianthus annuus* L.) Snížení rychlosti fotosyntézy u stresované nezavlažované varianty uvádějí také Hniličková et al. (2007). Hniličková et al. (2009) dokladuje snížení rychlosti fotosyntézy u rostlin chmele již po devíti dnech působení vodního stresu na hodnotu $5,32 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Mezi fázemi BBCH 65-69 (počátek vývoje hlávek) se rychlost fotosyntézy zvyšovala pouze u stimulovaných variant Fertileader Vital a Lignoaktivátor na průměrnou hodnotu $7,53 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U zbývajících variant pokusu, tedy u rostlin neošetřených a ošetřených přípravkem Humastar tento vývoj nebyl zaznamenán. U těchto variant se rychlost fotosyntézy

snižovala až do vývojové fáze BBCH 69 na průměrnou hodnotu $4,18 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V období kvetení a počátku vývoje hlávek byl porost zavlažován doplňkovou mikropostřikovou závlahou v množství 70 mm. Poté byla závlahová voda dodána opakovaně v termínu od konce měsíce července do konce první dekády srpna a množství závlahové vody bylo 30 mm. Závlaha byla aplikována z důvodu déletrvajícího sucha, které trvalo od druhé dekády června až do druhé dekády srpna. U ošetřené varianty Humastar a u kontrolní varianty se rychlost fotosyntézy zvýšila až mezi fázemi BBCH 69-81 (zralost hlávek). Z uvedených výsledků lze konstatovat, že varianta Humastar a kontrolní varianta nereagovala na doplňkovou závlahu zvýšením rychlosti fotosyntézy. Toto tvrzení neodpovídá výsledkům Urrego-Pereira et al. (2013), kteří uvádějí navýšení rychlosti fotosyntézy u zavlažovaných rostlin vojtěšky (*Medicago sativa* L.) mikropostřikem.

Zvýšení fotosyntézy bylo zaznamenáno u těchto dvou variant až po vydatnějších srpnových srážkách, které byly ve 2. dekádě srpna (27,3 mm). Při sklizni pokusu byl na rostlinách chmele stále patrný květ, což mohlo být způsobeno obnovením vegetace rostlin vlivem dodání závlahové či dešťové vody a obnovením metabolismu. Dle Aschana a Pfanze (2003) mají schopnost fotosyntézy i generativní orgány rostlin a uvedení autoři zároveň dodávají, že nefoliární fotosyntéza je velmi důležitá strategie při osvojování uhlíku. Larcher (1995) uvádí, že na průběh fotosyntézy mají vliv změny v aktivitě enzymů během vývoje a posuny v distribuci asimilátů. Z toho důvodu je rychlost fotosyntézy nejvyšší v době kvetení a v době tvorby hlávek. S tímto tvrzením souhlasí také Hniličková et al. (2009) a uvádí, že u rostlin s dostatkem půdní vláhy dochází vlivem ontogenetického vývoje k nárůstu rychlosti fotosyntézy. Pokorný et al. (2007) konstatují, že při vyšší celkové rychlosti fotosyntézy je dosahováno i vyššího výnosu suchých hlávek chmele. Naměřená rychlost fotosyntézy chmelových rostlin je v souladu s výsledky, které uvádí pro genotypy ŽPČ Hniličková et al. (2007), Pokorný et al. (2011). Obdobné závěry byly potvrzeny i Kenny (2005).

Průměrná hodnota rychlosti fotosyntézy byla u dvou stimulovaných variant (Humastar, Lignoaktivátor) nižší než u kontrolní varianty bez aplikace stimulatorů růstu. Naopak varianta Fertileader Vital dosáhla vyšší průměrné rychlosti fotosyntézy o 7 %. Tato skutečnost však nekoresponduje s dosaženým výnosem. K podobným závěrům dospěl ve svých pokusech s Žateckým poloraným červeňákem také Pokorný et al. (2011), kdy u varianty s nejvyšší průměrnou rychlostí fotosyntézy nebylo dosaženo nejvyššího výnosu. Naopak Ashraf et al. (2006) v pokusech s ječmenem (*Hordeum vulgare* L.) zjistili, že po foliární aplikaci IAA došlo k navýšení průměrné rychlosti fotosyntézy a zároveň výnosu u dvou sledovaných odrůd

ječmene oproti kontrole. Obdobné výsledky uvádí také Aldesuquy (2000) u rostlin pšenice (*Triticum aestivum* L.).

7.3 Fluorescence chlorofylu

V průběhu ontogenetického vývoje chmele byly sledovány parametry fluorescence chlorofylů. Ze získaných výsledků je patrné, že mezi jednotlivými variantami pokusu nebyly v rámci ontogenetického vývoje nalezeny průkazné diference. Toto tvrzení potvrzují také Hochberg et al. (2015) u rostlin révy vinné (*Vitis vinifera* L.). Liao a Wang (2014) konstatují neprůkazné snížení fluorescence chlorofylu během ontogenetického vývoje u krátkodobě suchem stresovaných rostlin lékořice uralské (*Glycirrhiza uralensis* F.). Fluorescence chlorofylu u chmelových rostlin byla zjišťována jako maximální kvantový výtěžek fotochemie PS II (hodnota Fv/Fm). Naměřené hodnoty poměru Fv/Fm byly během ontogenetického vývoje chmelových rostlin od 0,722 (Humastar, BBCH 69) do 0,863 (Humastar, BBCH 81). Tyto hodnoty jsou v souladu s tvrzením Čerenaka et al. (2010), kteří uvádějí rozpětí hodnot Fv/Fm pro dva genotypy chmele (Aurora, Golding) od 0,74 do 0,83, zároveň konstatují, že mezi genotypy nebyly nalezeny statisticky průkazné diference v rámci ontogenetického vývoje.

Dle Leichtenthalera et al. (2005) rostliny vystavené stresu vykazují tyto hodnoty značně nižší. Ashraf a Harris (2013) konstatují, že hodnota Fv/Fm je využívána jako parametr poškození fotosystému II (PS II), přičemž nižší hodnoty Fv/Fm indikují rostliny vystavené stresu. Z naměřených hodnot poměru Fv/Fm chmelových rostlin vyplývá, že nebylo zaznamenáno snížení fluorescence chlorofylu (Fv/Fm) pod 0,72. Xu et al. (2008) v pokusech s kukuřicí (*Zea mays* L.) zjistili, že pokles hodnoty Fv/Fm nebyl zaznamenán při vodním stresu u nejmladších listů kukuřice (hodnoty kolem 0,8). U starších listů došlo k poklesu Fv/Fm na hodnotu 0,6 již po dvou dnech působení vodního stresu. Uvedené závěry byly částečně potvrzeny u rostlin chmele. Průměrná hodnota Fv/Fm révových listů chmele všech variant byla 0,786. Liao a Wang (2014) uvádějí u rostlin lékořice uralské (*Glycirrhiza uralensis* F.) statisticky průkazné snížení hodnoty Fv/Fm až v odpoledních hodinách (mezi 13 a 17 hodinou). Uvedený výsledek odpovídá výsledku měření fluorescence chmelových rostlin, kdy měření probíhalo naopak vždy v dopoledních hodinách (mezi 7 a 10 hodinou).

Dle Grzesiaka et al. (2007) při nedostupnosti vody pro rostliny dochází k uzavírání průduchů, je omezen přísun CO₂, hromadí se produkty světelné fáze fotosyntézy a v důsledku toho může docházet k poškozování fotosyntetického aparátu. Toto tvrzení bylo u varianty Humastar

potvrzeno ve fázi vývoje BBCH 69, kdy hodnota Fv/Fm byla naměřena 0,722, po výraznějších srážkách v 2. dekádě srpna došlo ke statisticky průkaznému navýšení poměru Fv/Fm u ošetřené varianty Humastar v BBCH 81 na 0,863. Lu a Zhang (1999) však konstatují, že při krátkodobé nedostupnosti vody (několik dní) obvykle nedochází k výraznějšímu poklesu hodnoty Fv/Fm. Tento závěr byl potvrzen u neošetřené varianty a u ošetřených variant Fertileader Vital a Lignoaktivátor.

7.4 Obsah pigmentů

Obsah pigmentů v révových listech stanovovaných nedestruktivní metodou, pomocí chlorofylmetru, se vlivem ontogeneze chmelových rostlin zvyšoval téměř lineárně. Průměrný obsah pigmentů všech variant v révových listech chmele byl v rozmezí 16,2 jednotek (BBCH 35) až 33,8 jednotek (BBCH 81). Tento trend potvrzuje u rostlin chmele i Pokorný et al. (2011). Po aplikaci stimulátorů růstu se obsah pigmentů v révových listech chmele zvyšoval. U varianty Humastar bylo zjištěno průměrné navýšení o 5,5 % v porovnání s kontrolou. U kontrolních, neošetřených, rostlin chmele byl průměrný obsah pigmentů 25,5 jednotek. Přípravek Humastar je vodný roztok huminových kyselin. Obdobných výsledků dosáhli i Lee a Barlett (1976), kteří zjistili navýšení obsahu chlorofylu v listech kukuřice (*Zea mays* L.) po aplikaci huminových látek.

V případě aplikace přípravků Lignoaktivátor a Fertileader Vital bylo zaznamenáno zvýšení obsahu pigmentů v porovnání s kontrolou. U těchto přípravků byl průměrný obsah pigmentů o 14,1 % respektive o 19,2 % vyšší nežli u kontroly. Zvýšení obsahu pigmentů u těchto dvou přípravků je patrně způsobeno tím, že přípravek Lignoaktivátor obsahuje auxiny a Fertileader Vital obsahuje látky typu cytokininů. Vedle těchto látek oba přípravky obsahují dále např. glycin betain a aminokyseliny. Podobný trend navýšení obsahu pigmentů v listech pšenice (*Triticum aestivum* L.) po aplikaci IAA uvádějí i Grossmann a Retzlaff (1997). Uvedené trendy v navýšení obsahu pigmentů u rýže seté (*Oryza sativa* L.) po exogenní aplikaci glycin beatinu uvádějí také Hasanuzzaman et al. (2014).

Roy et al. (2001) konstatují navýšení obsahu pigmentů u rostlin chmele (*Humulus lupulus* L.) v důsledku vyššího obsahu dusíku v substrátu. Uvedené závěry byly potvrzeny, u varianty Fertileader Vital, neboť tento přípravek obsahuje vedle fyziologicky aktivních látek také makro a mikroživiny.

7.5 Výnos a kvalita chmelových hlávek

Průměrný výnos suchých hlávek chmele Žatecké poloraného červeňáku (klon 72) všech variant pokusu byl $0,645 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, při průměrné rychlosti fotosyntézy $7,57 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Tento výsledek je ve shodě s výsledky Pokorného et al. (2007), kdy v jejich pokusech u Žateckého poloraného červeňáku bylo dosaženo výnosu $1,11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ při průměrné rychlosti fotosyntézy $8,96 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Velmi důležitým faktorem ovlivňujícím fotosyntetickou aktivitu je teplota vzduchu, která by se měla pohybovat do $25 \text{ }^\circ\text{C}$. S využitím zeleného hnojení v meziřadí spolu s doplňkovou závlahou lze docílit snížení teploty vzduchu v chmelovém porostu až o $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Kopecký (2005), Hnilička et al. (2010), Bazika (2013) konstatují, že doplňková závlaha má průkazný vliv na výši výnosu chmelových hlávek.

Tuncer (2002) dokladuje prokazatelné snížení výnosu brambor při déletrvajícím vodním deficitu, podobné výsledky prezentuje i SilvaFernandes (2010) u olivovníku. Toto tvrzení je v souladu s výsledky Čecha et al. (2007), kteří uvádějí dosažení podprůměrného výnosu chmelových hlávek a zároveň podprůměrného obsahu α -kyselin v letech pro chmel s extrémně vysokými teplotami v červenci (nad $30 \text{ }^\circ\text{C}$). Jako další negativní faktor tito autoři uvádějí červencový deficit srážek. Tento závěr byl potvrzen i v tomto pokuse, kdy bylo dosaženo podprůměrného výnosu chmelových hlávek vlivem déletrvajícího srážkového deficitu v měsících červen a červenec a zároveň vlivem vysokých červencových teplot. Vyššího výnosu suchých chmelových hlávek bylo dosaženo u ošetřených variant Lignoaktivátor a Fertileader Vital oproti neošetřené kontrolní variantě a ošetřené variantě Humastar. Navýšení výnosu oproti kontrole bylo u varianty Fertileader Vital o $6,5 \%$. Tento výsledek je v souladu s tvrzením Iqbal et al. (2006), kteří uvádí navýšení výnosu zrna pšenice (*Triticum aestivum* L.) po aplikaci cytokininů. Saedipour, Moradi (2012) zjistili, že při zvýšené hladině auxinů (IAA) u ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.) v době nalévání zrna, dochází k navýšení výnosu zrna.

Dosažený obsah obsahových látek chmele v rámci variant se lišil. Nejnižší obsah α -kyselin a β -kyselin byl u varianty Humastar a to $2,18 \%$, respektive $2,14 \%$. Poměr α/β byl u ošetřené varianty Humastar $1,02$. Nejvyšší obsah α -kyselin a β -kyselin byl u varianty Lignoaktivátor a to $3,06 \%$, respektive $2,38 \%$. Poměr α/β byl u ošetřené varianty Lignoaktivátor $1,29$. Průměrný obsah silic všech variant byl $0,19 \text{ ml}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ vzorku a průměrný relativní obsah farnesenu byl $14,96 \%$. Tento výsledek je částečně v souladu s výsledky Kosaře a Procházky (2000), kteří uvádějí rozmezí obsahu α -kyselin $3,5\text{--}4 \%$ a relativní obsah farnesenu v rozmezí $10\text{--}15 \%$. Dle pokusů Štrance et al. (2012b) bylo dosaženo v pokusech s hnojivou ve

chmelnicích obsahu α -kyselin v rozmezí 2,8-3,5 %. Pokorný (2011) uvádí obsah α -kyselin v rozmezí 11-12 % a poměr α/β nad 2. Tento rozdíl je dán především genotypem, kdy byly v tomto případě testovány hořké genotypy, jako jsou Premiant a Bohemie. De Keukeleire (2007) uvádí, že vodní stres a vysoké teploty mohou negativně ovlivňovat průběh tvorby α -kyselin během intenzivního růstu chmele. Tento závěr byl potvrzen i v tomto pokusu, kdy bylo dosaženo podprůměrného obsahu α kyselin u všech variant. U dvouletého porostu by se obsah α kyselin měl pohybovat na hranici 4 %. Srecec et al. (2008) zjistili, že suma průměrných denních teplot za vegetace chmele je v negativní korelaci s obsahem α -kyselin, zatímco celkový úhrn srážek za stejné období vykazoval pozitivní efekt. Uvedené tvrzení bylo potvrzeno u rostlin chmele i v tomto pokusu, kdy byl srážkový deficit a vysoké teploty a bylo dosaženo podprůměrného obsahu α -kyselin. Kučera a Krofta (2009) zjistili nejsilnější vliv červencových teplot na utváření α -kyselin. Uvedení autoři konstatují, že srážky mají na utváření těchto látek největší vliv od května do července. Srážky v měsíci srpnu hodnotili jako zanedbatelné při utváření α -kyselin. Tomuto tvrzení odpovídá i dosažený výnos a obsah α -kyselin, neboť srpnové srážky, které přišly v 2. dekádě měsíce, již nepomohly k navýšení tvorby α -kyselin ani výnosu.

Nejvyššího navýšení obsahu α -kyselin a zároveň obsahu silic bylo dosaženo u varianty Lignoaktivátor. Tato varianta vykazovala obsah α -kyselin 3,06 % (+ 18,1 % oproti kontrole) a obsah silic 0,22 ml.100 g⁻¹ vzorku (+ 10 % oproti kontrole). Relativní obsah farnesenu byl u varianty Lignoaktivátor 14,93 %. U varianty Fertileader Vital bylo dosaženo obsahu α -kyselin 2,94 % (navýšení o 13,5 % oproti kontrole) a zároveň byl zaznamenán nejvyšší relativní obsah farnesenu. U varianty Humastar došlo ke snížení obsahu α -kyselin oproti kontrole. Obsah α -kyselin byl zaznamenán ve výši 2,18 %. Obsah silic byl 0,14 ml.100 g⁻¹ vzorku. Z výsledků je patrné navýšení kvalitativních parametrů u aplikací dvou přípravků a to Lignoaktivátor a Fertileader Vital. Tato skutečnost je v souladu s výsledkem Štrance et al. (2012b), kdy v pokusech s hnojivem Eurofertil Plus NPS 49 se zvýšil obsah α -kyselin oproti kontrolní nehnojené variantě. Saeedipour, Moradi (2012) zjistili, že při zvýšené hladině auxinů (IAA) u ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.) v době nalévání zrna, dochází k navýšení obsahu bílkovin v zrna. Zvýšení hodnot kvalitativních ukazatelů chmele bylo potvrzeno také u přípravku Lignoaktivátor, který obsahuje látky auxinového typu. Navýšení kvalitativních parametrů chmelových hlávek bylo dosaženo také u ošetřené varianty Fertileader Vital. Podobný závěr uvádí také Hřivna et al. (2015), kdy po aplikaci přípravku

Fertileader Vital bylo dosaženo navýšení kvalitativních parametrů u jarního ječmene (*Hordeum vulgare* L.).

7.6 Ekonomické vyhodnocení aplikace stimulátorů růstu

Pro poskytnutí doporučení aplikace stimulátorů růstu je nutné vzít v úvahu ekonomický přínos aplikace těchto látek při pěstování chmele. Realizační cena suchých chmelových hlávek se v roce 2015 pohybovala kolem 185 000,- za 1 t. Tato cena platí při dodržení standardní kvality hlávek, přičemž jeden z ukazatelů je obsah α -kyselin. U této jakostní třídy by neměl obsah α -kyselin klesnout pod 2,3 %. V roce 2015 se vlivem nízkého výnosu a značného nedostatku chmele bylaminimální hranice obsahových látek posunuta obchodníky pod 2 %. Z toho důvodu není s tímto parametrem v ekonomickém přínosu počítáno. Ekonomické zhodnocení aplikací stimulátorů růstu na chmelové rostliny je patrné z tabulky 10.

Přípravek	Dávka za vegetaci v litrech	Cena za 1 l v Kč	Cena za ošetření 1 ha v Kč	Rozdíl výnosu oproti kontrole v kg	Finanční přínos/ztráta v Kč
Humastar	3	358	1074	- 50	- 10 324
Fertileader Vital	15	429	6435	+ 40	+ 965
Lignoaktivátor	4,5	317	1426	+ 110	+ 18 924

Tab. 10: Ekonomické zhodnocení aplikace stimulátorů růstu

Jak ukazuje tabulka 10 po aplikaci přípravku Humastar došlo ke snížení výnosu oproti kontrolní neošetřené variantě o 50 kg suchých hlávek z 1 hektaru. Při nákladech na 1 ha 1074 Kč a ušlém zisku po snížení výnosu je u této varianty finanční ztráta 10 324 Kč z 1 hektaru. Po aplikaci přípravku Fertileader Vital došlo k navýšení výnosu i navýšení kvalitativních parametrů chmele. Nevýhodou tohoto přípravku je jeho vysoká cena, která při doporučeném dávkování představuje náklad na 1 hektar 6435 Kč. Celkový finanční přínos byl u této varianty 965 Kč. Aplikace přípravku Lignoaktivátor představuje náklad na 1 hektar chmele 1426 Kč při doporučeném dávkování 3x 1,5 l. U této varianty došlo k navýšení výnosu o 110 kg suchých hlávek chmele a zároveň k navýšení obsahu α -kyselin o 0,47 %. Finanční přínos je u varianty Lignoaktivátor 18 924 Kč na 1 hektar. Do ekonomického zhodnocení nebyla započítána samotná aplikace stimulátorů růstu, neboť lze využít tankmixu s běžně využívanými fungicidy při pěstování chmele.

8 Závěr

Při pěstování Žateckého poloraného červeňáku je cílem pěstitelů dosáhnout co možná nejvyššího výnosu chmelových hlávek a zároveň vysokého obsahu α -kyselin. Průměrný výnos se v České republice dlouhodobě pohybuje okolo 1 t suchých hlávek z hektaru. Obsah α -kyselin je v rozmezí 2,5-4,5 %. Snahou pěstitelů by mělo být dosahovat výsledků pohybujících se na horní hranici tohoto rozmezí. Při aktivním růstu chmele se pěstitelům naskýtá možnost stimulace chmelových rostlin ve snaze pozitivně ovlivnit fyziologické pochody a formovat tak výnosotvorné prvky a stimulovat tvorbu α -kyselin.

Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že:

- Byly potvrzeny rozdíly v reakci rostlin chmele otáčivého na aplikaci stimulatorů růstu.
- Nejvyšší průměrná hodnota transpirace byla dosažena u stimulované varianty přípravkem Humastar ($1,68 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Toto navýšení bylo o 18,3 % oproti kontrolní variantě bez použití stimulatorů růstu, kde byla zaznamenána průměrná hodnota transpirace $1,43 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Z důvodu déle přetrvávajícího srážkového deficitu a vysokých teplot se rychlost transpirace v průběhu pokusu snižovala. Navýšení transpirace bylo zaznamenáno, až po srpnových srážkách.
- Rychlost fotosyntézy se vlivem srážkového deficitu během ontogeneze chmele u všech variant snižovala. Zvýšení rychlosti fotosyntézy bylo zaznamenáno až v měsíci srpnu po vydatnějších srážkách.
- Nejvyšší průměrné rychlosti fotosyntézy bylo dosaženo u stimulované varianty Fertileader Vital ($8,54 \text{ } \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Nejnižší průměrná hodnota rychlosti fotosyntézy byla zaznamenána u varianty Humastar ($6,62 \text{ } \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Rozdíl v rychlosti fotosyntézy mezi přípravky Fertileader Vital a Humastar činil 29 % ve prospěch přípravku Fertileader Vital.
- Nejvyšší průměrné hodnoty poměru F_v/F_m bylo dosaženo u varianty Fertileader Vital a to 0,792. Naopak nejnižší hodnota byla zaznamenána u varianty Lignoaktivátor, 0,78.
- Nejvyšší průměrný obsah pigmentů byl u varianty Fertileader Vital (30,4 chlorofylmetrických jednotek), což je o 19,2 % více než u kontrolní varianty, kde bylo dosaženo průměrné hodnoty 25,5 chlorofylmetrických jednotek.

- Obsah pigmentů v révových listech se zvyšoval v závislosti na ontogenetickém vývoji rostlin, kdy nejnižší byl na počátku sledovaného období (16,2 jednotek) a naopak nejvyšší na konci tohoto období (33,8 jednotek).
- Výnos jednotlivých variant se pohyboval v rozmezí mezi 0,57 t.ha⁻¹ až 0,73 t.ha⁻¹. Tento podprůměrný výnos je dán nepříznivým vlivem počasí, zejména díky sražkovému deficitu a velmi vysokým teplotám od poslední dekády června až do druhé dekády srpna
- U rostlin kontrolních byl výnos ve výši 0,62 t.ha⁻¹. Nejvyšší výnos byl dosažen u varianty Lignoaktivátor a to 0,73 t.ha⁻¹ (+ 17,7 % oproti kontrole). Naopak nejnižší výnos byl zjištěn u varianty Humastar 0,57 t.ha⁻¹ (-8,1 % oproti kontrole).
- Obsah α -kyselin byl hodnocen jako spíše podprůměrný s relativně výraznými rozdíly mezi variantami. Nejvyšší obsah α -kyselin byl u varianty Lignoaktivátor a to 3,06 %. Nejnižší obsah α -kyselin byl zaznamenán u varianty Humastar a to konkrétně 2,18 %.
- Na základě výsledků měření lze konstatovat, že použité stimulatory růstu ovlivňují fyziologické charakteristiky chmele otáčivého a zároveň jeho výnos a kvalitu. Navržené hypotézy byly potvrzeny.
- Z jednoletých výsledků vyplývá, že jako vhodnější se jeví aplikace přípravků Lignoaktivátor nebo Fertileader Vital v porovnání s přípravkem Humastar z důvodu dosažení vyššího výnosu i kvality chmelových hlávek.

Použitá literatura

Adam, G., Petzold, U. 1994. In: Procházka, S., Šebánek, J. 1997. Regulátory rostlinného růstu, Academia, Praha, 395 s., ISBN 8020005978

Aldesuquy, H. S. 2000. Effect of indol-3-yl acetic acid on photosynthetic characteristics of wheat flag leaf during grain filling, *Photosynthetica*, 38(1): 135-141

Allen, J. R. F., Baker, D. A. 1980. In: Procházka, S., Šebánek, J. 1997. Regulátory rostlinného růstu, Academia, Praha, 395 s., ISBN 8020005978

Altová, M. 2012. Situační a výhledová zpráva, chmel, pivo, Ministerstvo zemědělství, Praha, 61 s., ISBN 9788074340475

Aschan, G., Pfanz, H. 2003. Non-foliar photosynthesis – a strategy of additional carbon acquisition, *Flora – morphology*, 198 (2): 81-97

Ashraf, M. Y., Azhar, N., Hussain, M. 2006. Indole acetic acid (IAA) induced changes in growth relative water contents and gas exchange attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under water stress conditions, *Plant growth regulation*, 50: 85-90

Ashraf, M., Harris, P. J. C. 2013. Photosynthesis under stressful environments: An overview, *Photosynthetica* 51 (2): 163 – 190

Bazika, P. 2013. Pers comm.

Bazika, P. 2015. Pers comm

Borkovec, V., Procházka, S. 1992. In: Kamínek, M., Mok, D., Zažímalová, E. 1992. *Physiology and Biochemistry of cytokinins in plants*, SPB Academic publishing, The Hague: 241 – 244

Bouranis, D., Dionias, A., Chorianopoulou, S., Liakopoulos, G., Nikolopoulos, D. 2014. Distribution profiles and interrelations of stomatal conductance, transpiration rate and water dynamics in young maize laminae under nitrogen deprivation, *American journal of plant science*, 5: 659-670

Cutler, H. G., Yokota, T., Adam, G. 1991. In: Procházka, S., Šebánek, J. 1997. Regulátory rostlinného růstu, Academia, Praha, 395 s., ISBN 8020005978

Čech, B., Milica, K., Košir, I., J. Abram, V. 2007. Relationships between xanthohumol and polyphenol content in hop leaves and hop cones with regard to water supply and cultivar, International journal of molecular science, 8: 989-1000, ISSN 14220067

Čerenak, A., Ranzinger, J., Drinovec, L., Čremožnik, B., Šuštar-Vozlič, J., Meglič, V. 2010. Physiological response of hop (*Humulus lupulus* L.) plants to drought stress, Hmeljarski bilten/Hop Bulletin, 17: 34-43

Češka, J. 2015. pers comm

Češka, J., Maťátko, J. 2012. Současný stav výživy a hnojení chmelnic v České republice, In: Výživa a minimalizace pěstování chmele, Chmelařský institut, Žatec, 15-22 s., ISBN 9788086836645

Češka, J., Maťátko, J. 2013. Úloha mikroelementů ve výživě chmele, In: Integrovaný systém pěstování chmele (sborník přednášek), Chmelařství, Žatec, 51-54 s., ISBN 9788086836850

Darby, P. 2001. Single gene trails in hop breeding. International Hop Growers Convention, Proceedings of the Scientific Commission, Canterbury, Kent, England, s. 76 – 80

De Keukeleire, J., Ooms, G., Heyerick, A., Van Bockstaele, E. 2003. Formation and accumulation of alpha acids, beta acids, desmethylxanthohumol and xanthohumol during flowering of hops (*Humulus lupulus* L.). In: J. Agric. Food Chem., vol. 51, 2003, s. 4436 – 4441

De Keukeleire, J., Ooms, G., Heyerick, A., Roldan-Ruiz, I., Van Bockstaele, E., De Keukeleire, D. 2007. In: Pavlovic, V., Pavlovic, M., Cerenak, A., Kosir, I., J. Cech, B., Rozman, C., Turk, J., Pazek, K., Krofta, K., Gregoric, G. 2012. Environment and weather influence on quality and market value of hops, Plant soil environ. 58 (4): 155-160

Gaudinová, A., Süssenbeková, H., Vojtěchová, M., Kamínek, M., Eder, J., Kohout, L. 1995. Different effects of two brassinosteroids on growth, auxin and cytokinin content in tobacco casus tissue, Plant growth regulation, 17: 121 – 126

Gimenez, C. Mitchell, V. Lawlor, D. W. 1992. Regulation of photosynthetic rate of two sunflower hybrids under water stress, Plant Physiology, 98(2): 516-524

Grossmann, K., Retzlaff, G. 1997. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin Kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*), Pesticide science, 50: 11-20

Grzesiak, M., T. Rzepka, A., Hura, T., Grzesiak, S., Hura, K., Filek, W., Skoczowski, A. 2007. Changes in response to drought stress of triticale and maize genotypes differing in drought tolerance. *Photosynthetica*, 45: 280-287

Guoying, W., Chunjian, L. Fusuo, Z. 2003. Effects of different nitrogen forms and combination with foliar spraying with 6-benzylaminopurine on growth, transpiration, and water and potassium uptake and flow in Tobacco, *Plant and Soil*, 256: 169-178

Halmann, M. 1990. In: Procházka, S., Šebánek, J. 1997. *Regulátory rostlinného růstu*, Academia, Praha, 395 s., ISBN 8020005978

Hasanuzzaman, M. Alam, M., Anisur, R., Kamrun, N., Fujita, M. 2014. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provils better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa*L.) varieties, *BioMed Research International*, vol 2014, 15 s.

Hejnák, V., Hniličková, H., Hnilička, F. 2014. Effect of ontogeny, heterophylly and leaf position on the gas exchange of the hop plant, *Plant Soil and Environment*, 60(11): 525-530

Hejný, S., Slavík, B., Chrtek, J., Tomšovic, P., Kovanda, M. 1988. *Květena České socialistické republiky 1*. Academia, Praha, 557 s.

Hnilička, F., Hniličková, H., Svoboda, P., Krofta, K. 2010. Vliv počasí na tvorbu a výši výnosu chmele, In: *Bioklima 2010 (sborník příspěvků)*, Česká bioklimatologická společnost, s. 109-115, ISBN 9788021320970

Hniličková, H., Hnilička, F., Krofta, K. 2007. Determining the saturation irradiance and photosynthetic capacity for new perspective varieties of hop (*Humulus lupulus* L.), *Cereal research communications* 35 (2): 461-464

Hniličková, H., Hnilička, F., Krofta, K. 2008. The effect of weather on the hop's photosynthesis and transpiration rate, *Cereal research communications* 36 (2): 887-890

Hniličková, H., Hnilička, F., Svoboda, P., Kořen, J., Martinková, J. 2009. The impact of water deficit on selected physiological characteristics of juvenile hop plants (*Humulus lupulus* L.), *Cereal research communication*, 37: 301-304

Hochberg, U., Batushansky, A., Degu, A., Rachmilevitch, S., Fait, A. 2015. Metabolic and physiological response of Shiraz and Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) to Nera optimal

temperatures of 25 and 35 °C, International Journal of Molecular Science. 16.10: 24276-24294

Hopkins, W. H., Hüner, N. P. A. 2004. Introduction to plant physiology. John Willey&Sons, Ontario, p. 559, ISBN 0471379174

Horejsek, J. Zich, M. 1990. Chmelařství, 1. vydání, SZN, Praha, 285 s., ISBN 8020901256

Chandler, J. W. 2009. Auxin as compère in plant hormone crosstalk, Planta 231: 1 – 12

Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil, A. 2006. Seed enhancement with cytokinins: ganges in growth and grain yield in salt stressed wheat plants, Plant Growth Regulation, 50: 29-39

Jacobs, M., Gilbert, S. F. 1983. In: Procházka, S., Šebánek, J. 1997. Regulátory rostlinného růstu, Academia, Praha, 395 s., ISBN 8020005978

Jacobs, W. P. 1976. In: Procházka, S., Šebánek, J. 1997. Regulátory rostlinného růstu, Academia, Praha, 395 s., ISBN 8020005978

Jeschke, W.D., Hartung, W. 2000. Root shoot interactions in mineral nutrition. Plant soil, 226: 57-69

Kenny, S. T. 2005. Photosynthetic measurment in Hop (*Humulus*), Acta horticulturae 668: 241 – 248

Klír, J., Kozlovská, L. 2012. Zemědělské hospodaření ve zranitelných oblastech, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha 6-Ruzyně, ISBN 9788074271236

Kolář, L., Kužel, S. 1999. Sborník z konference Racionální použití hnojiv – Organická hmota v půdě, s. 15

Kopecký, J. 1991. Vliv kapkové závlahy na výnos a kvalitu chmelových hlávek, Rostlinná výroba 37 (8), s. 669

Kopecký, J. 2005. pers comm.

Kopecký, J., Ježek, J., Klíma, B., Slavík, L. 2008. Zásady pro využití progresivních systémů závlahy chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR, Chmelařský institut, 75 s., ISBN 9788086836126

- Kosař K., Procházka S., 2000, Technologie výroby sladu a piva, VÚPS, Praha, 398 s., ISBN 80-902658-6-3
- Krishna, P. 2003. Brassinosteroid-mediated stress responses, *Plant growth regulation*, 22 : 289-297
- Krofta, K. 2008. Hodnocení kvality chmele, Chmelařský institut s.r.o., Žatec, 50 s., ISBN 9788086836843
- Krofta, K., Brynda, M., Nesvadba, V. 2010. Rajonizace českých odrůd chmele, Chmelařský institut, Žatec, 76 s., ISBN 9788087357040
- Krofta, K., Ježek, J., Klapal, I., Křivánek, J., Pokorný, J., Pulkrábek, J., Vostřel. J. 2012. Integrovaný systém pěstování chmele, Chmelařství, ISBN 9788086836829
- Kučera, R. 2006. Lignohumát a organická hmota, *Úroda*, LIV (7), s. 47
- Kučera, J., Krofta, K. 2009. Mathematical model for prediction of yield and alpha acid contents from meteorological data for Saaz aroma variety. *Acta Horticulturae*, 848: 131-139
- Kutáček, M. 1988. Physiology and biochemistry of auxins in plants, SPB Academic publishing, The Hague: 57 – 64
- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*, Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, New York
- Lee, Y., S., Barlett, J., R. 1976. Stimulation of plant growth by humic substances, *Soil science society of America journal*, 40: 876-879
- Leichtenthaler, H. K., Buschmann, C., Knapp, M. 2005. How to correctly determine the different chlorophyll fluorescence parameters and the chlorophyll fluorescence decrease ratio RFd of leaves with the PAM fluorometer, *Photosynthetica* 43 (3): 379 – 393
- Liao, J. X., Wang, G. X. 2014. Effects of drought stress on leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence of *Glycyrrhiza uralensis*. *Russian Journal of Ecology*, 45.6: 532-538
- Linke, W., Rebl, A. 1950. *Der Hopfen*. Burnberg
- Ljašenko, N. I., Michajlov, N. G., Rudyk, R. I. 2004. Fyziologia i biochimija chmelja, *Žitomir „Polissja“*, s. 405

- Longxing, H., Zhaolong, W., Bingru, H. 2013. Effects of cytokinin and potassium on stomatal and photosynthetic recovery of kentucky bluegrass from drought stress, *Crop science*, 53:221-231
- Lu, C.M., Zhang, J.H. 1999. Effects of water stress on photosystem II photochemistry and its thermostability in wheat plants, *Journal of Experimental botany*, 50: 1199-1206
- Meng, Z. J., Bian, X. M., Liu, A. N., Pang, H. B., Wang, H. Z. 2006. In: Hniličková, H., Hnilička, F., Svoboda, P., Kořen, J., Martinková, J. 2009. The impact of water deficit on selected physiological characteristics of juvenile hop plants (*Humulus lupulus* L.), *Cereal research communication*, 37: 301-304
- Mohl, A. 1924. *Chmelařství 1. a 2.*, Praha
- Naor, A. Cohen, S. 2003. Sensitivity and variability of maximum trunk shrinkage, midday stem water potential, and transpiration rate in response to withholding irrigation from field-grown apple trees, *Horticultural Science*, 38(4): 547-551
- Nesvadba, V. (2013). Šlechtění nových českých odrůd vhodných do nízkých konstrukcí, In: *Český chmel 2013*, Mze, Praha, s. 28-30., ISBN 9788074340512
- Nesvadba, V., Polončíková, Z., Henychová, A., Krofta, K., Patzak, J. 2012. Atlas českých odrůd chmele, Chmelařský institut s.r.o., Žatec, 28 s., ISBN 9788087357118
- Pastyřík, V. 1973. Vliv přírodních podmínek na výkonnost chmelových odrůd, Kandidátská disertační práce
- Paynel, F., Murray, J., Cliquet, J. B. 2001. Root exudates: A pathway for short term N transfer and ryegrass In: Vranová, V., Rejšek, K., Formánek, P. 2012. *Vodorozpuštěné kořenové exsudáty rostlin: úloha a význam jejich studia. Listy cukrovarnické a řepařské.* 11: 350-353
- Pokorný, J. 2011. Vliv lokality a ročníku na produkci a kvalitu chmele, Doktorská disertační práce
- Pokorný, J., Pulkrábek, J., Štranc, P., Bečka, D. 2011. Photosynthetic activity of selected genotype of hops (*Humulus lupulus* L.) in critical periods for yield formation, *Plant soil environ.* 57 (6): 264-270

Pokorný, J., Štranc, P., Pulkrábek, J., Hnilička, F. 2007. Photosynthesis, yield and alfa-bitter acids content of hop newbreedings and their comparison with other hop cultivars, Genetics, Plant Breeding and Seed Production, 45 th Croatian and 5 th International symposium on Agriculture

Pons, T. J., Jordi, W., Kuiper, D. 2001. Acclimation of plants to light gradients in leaf canopies: evidence for a possible role for cytokinins transported in the transpiration stream, Journal of Experimental Botany, 52 (360): 1563-1574

Prášil, O. 2003. Fluorescence chlorofylu jako metoda studia fotosyntézy a diagnostiky porostu, Živa. 6: 249-252

Rashotte, A. M., Carson, S. D. B., To, J. P. C., Kieber, J. J. 2003. Expression profilig of cytokinin action in Arabidopsis. Plant Physiology 132: 1998

Renner, J. 2012. Rakovnické pivovarnictví od nejstarších dob až do konce XVIII. století, Agroscience s.r.o., Rakovník, 254 s., ISBN 978-80-85081-37-4

Roy, A. T., Leggeti, G., Koutoulis, A. 2001. Development of a shoot multiplication system for hop (*Humulus lupulus* L.), In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant, 37 (1). 79–83

Rybáček, V., Fric, V., Havel, J., Libich, V., Kříž, J., Makovec, K., Petrlík, Z., Sachl, Z., Srp, A., Šnobl, J., Vančura, M. 1980. Chmelařství, SZN, Praha, 426 s.

Saeedipour, S., Moradi, F. 2012. Relationship of endogenous ABA and IAA to accumulation of grain protein and starch in two winter wheat cultivars under post-anthesis water deficit. Journal of agricultural science, 4.2:147-156

Sachl, J., Kopecký, J. 1972. Chmelařství, 45, s. 75 – 77

Savidge, R. A. 1982. The role of plant hormones in higher plant cellular differentiation, Histochemical journal 15: 437 – 445

Silva Fernandes, A. A., Ferreira, C. T., Correia, M., Malheiro, C. A., Villalobos, J. F. 2010. Influence of different irrigation regimes on crop yield and water use efficiency of olive, Plant soil environ. 333: 35-47

Slavík, L. 1971. Chmelařství, 44, s. 142 – 144

Slonek, Z. 2014. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo, Mze, Praha, 60 s., ISBN 9788074341908

Srecec, S., Kvaternjak, I., Kaucic, D., Spoljar, A., Erhatic, R. 2008. Influence of climatic conditions on accumulation of alpha-acids in hop cones. *Agricultural Conspectus Scientificus*, 73: 161-166

Strasser, R. J., Srivastava, A., Govindjee. 1995. Polyphasic chlorophyll *a* fluorescence transient in plants and cyanobacteria, *Photochemistry and Photobiology* 61: 32 – 42

Šesták, Z., Čatský, J., Šestlík, J., Nečas, J., Květ, J., Smetáková, M., Slavík, B., Janáč, J. 1966. *Metody studia fotosyntetické produkce rostlin [Methods of study of photosynthetic production of plants]*, Academia, Praha, 394 s.

Štranc, P., Štranc, J., Holý, K., Štranc, D., Sklenička, P. 2012a. Pěstování vzrůstných odrůd chmele v nízké konstrukci. *Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha*, 84 s., ISBN 9788087111338

Štranc, P., Štranc, J., Krupička, M. 2012b. Pokusy s hnojením chmelnic v roce 2011, *Agromanuál III., ročník VII., s. 74-76*

Toman, P., Pulkrábek, J. 2015. Produkční schopnosti vybraných meziplodin, *Úroda*, 10-2015, s. 20-25

Torrey J. G. 1976. Procházka, S., Šebánek, J. 1997. *Regulátory rostlinného růstu*, Academia, Praha, 395 s., ISBN 8020005978

Trčková, M., Kamínek, M., Zmrhal, Z. 1992. In: Kamínek, M., Mok, D., Zažimalová, E. 1992. *Physiology and Biochemistry of cytokinins in plants*, SPB Academic publishing, The Hague: 241 – 244

Tuncer, G. 2002. The effect of irrigation and nitrogen on pokery scab and yield of potatoes, *Potato research*, 45: 153-161

Urrego-Pereira, Y. F., Martínez-Cob, A., Fernández, V., Cavero, J. 2013. Daytime sprinkler irrigation effects on net photosynthesis of maize and alfalfa. *Agronomy Journal*, 105.6: 1515-1528

Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin, Profi Press, Praha, 167 s., ISBN 978086726250

Vaněk, V., Kolář, L., Pavlíková, D. 2006. Úloha organické hmoty v půdě. Racionální použití hnojiv – sborník z konference, ISBN 9788021320062

Vent, L., Blatný, C., Stejskal, J. 1963. Chmelařství – organizace a technologie velkovýroby. SZN, Praha, 413 s., ISBN 07103630437.

Vranová, V., Rejšek, K., Formánek, P. 2012. Vodorozpustné kořenové exsudáty rostlin: úloha a význam jejich studia. Listy cukrovarnické a řepařské.11: 350-353

Xu, Z. Z., Zhou, G. S., Wang, Y. L., Han, G. X., Li. Y. J. 2008. Changes in chlorophyll fluorescence in maize plants with imposed rapid dehydration at different Lea ages, Journal of plant growth regulation, 27.1: 83-92

Internetové zdroje

Anonym. 2014. Pivovar Rakovník [online], [cit.2015-2-17]. dostupné z <<http://www.pivovary.info/prehled/rakovnik/rakovnik.htm>>

Anonym. 2015a. Sucho výrazně snížilo úrodu chmele-tisková zpráva [online], CZ HOPS, [cit.2015-10-8].dostupné z <http://www.czhops.cz/images/stories/download/Tiskov%C3%A1_zpr%C3%A1va_sklize%C5%88_2015_final.pdf>

Anonym. 2015b. Humastar [online], cit. 10. 1. 2015. Dostupné z <<http://humaty.cz/produkty/humastar/>>

Anonym. 2015c. Fertileader [online], cit. 10. 1. 2015. Dostupné z <http://www.cz.timacagro.com/fileadmin/contributions/produkty/15_Fertileader_web.pdf>

Anonym. 2015d. Lignoaktivátor roztok [online], cit. 10. 1. 2015. Dostupné z <<http://www.amagro.com/ligno-aktivator-roztok.html>>

Balík, J. 2009. Význam rhizosféry v životním prostředí [online]. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. [cit. 2015-11-3]. dostupné z <<http://www.phytopsanitary.org/projekty/2009/projekt4.pdf>>

Gerke, J. 1992. Z. Pflanzeernähr. Bodenk., 155. 339 In: Balík, J. 2009. Význam rhizosféry v životním prostředí [online]. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. [cit. 2015-11-3]. dostupné z <<http://www.phytosanitary.org/projekty/2009/projekt4.pdf>>

Hartl, R. 2008. Sklizeň chmele na Rakovnicku na konci 19. a v první polovině 20. Století [online]. Pivovary. [cit.2015-2-17]. dostupné z <<http://www.pivovary.info/view.php?cisloclanku=2008060003>>

Hniličková, H., Hnilička, F., Hejtnáček, V., Novák, V. 2000. Závlaha jako stabilizující faktor tvorby výnosu u chmele [online]. Agris [cit. 2015-8-10]. dostupné z <<http://www.agris.cz/clanek/107510/zavlaha-jako-stabilizujici-faktor-tvorby-vynosu-u-chmele>>

Hřivna, L. Dostálová, Y. Janečková, M. Šottníková, V. 2015. Ověření přípravku Eurofertil Plus NP 35 a Eurofertil TOP 45 NPS v kombinaci s Fertileader Vital na výnos a kvalitu jarního ječmene, In: Sborník z konference „Deset let pro ječmen v praxi“ [online] [cit. 2016-3-23] dostupné z <<http://konference.agrobiologie.cz/2015-01-26/09> Hřivna Dostalova Janeckova Sottnikova OVERENI PRIPRAVKU EUROFERTIL PLUS NP 35 a EUROFERTIL.pdf>

Jordán, H. 2015. Na citlivé komodity letos poskytne Ministerstvo zemědělství 4,5 miliardy korun. Ministr Jurečka schválil sazby pro rok 2015-tisková zpráva [online]. Eagri [cit. 2015-8-12]. <dostupné z http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2015_nacitlive-komodity-letos-poskytne.html>

Kohoutová, D. 2010. Brassinosteroidy, látky s perspektivou [online]. Zemědělec [cit. 2016-2-10]. dostupné z <<http://zemedelec.cz/brassinosteroidy-latky-s-perspektivou/>>

Mrzenová, M. 2007. Chmel má chráněnou známku [online]. Žatecký deník. 6. Zář 2007 [cit. 2013-12-10]. Dostupné z <http://zatecky.denik.cz/zpravy_region/chmel_znamka_20070906.html>

Parfitt, R. L. 1979. Plant Soil, 53. 55 In: Balík, J. 2009. Význam rhizosféry v životním prostředí [online]. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. [cit. 2015-11-3]. dostupné z <<http://www.phytosanitary.org/projekty/2009/projekt4.pdf>>

Schimpfky, R. (1893): Unsere Heilpflanzen in Bild und Wort [online]. Botany libraries. Aktualizace srpen 2011, [cit. 2014-2-17]. dostupné z <http://www.huh.harvard.edu/libraries/Hops/Humulus_1893.htm>

Štranc, J., Štranc, P., Štranc, D. 2011. Hnojení chmelové sadby za účelem zvýšení jejich morfologických parametrů [online]. Agromanuál. 17. prosince 2011 [cit. 2014-2-17]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/hnojeni-chmelove-sadby-za-ucelem-zvyseni-jejich-morfologickych-parametru.html>>

Tugarinov, L. V., Alexeyeva, S. V., Skrenzhevsky, S. S. 2008. Lignohumate in field husbandry: Scope of application [online], Amagro [cit. 2016-2-10]. dostupné z <http://www.amagro.com/content/file/Lignohumate_NPO.pdf>

Vaňatová, P. 2003. Těžba hnědého uhlí přínosem pro zemědělce [online]. Úroda 3.října 2003 [cit. 2016-2-10]. dostupné z <<http://uroda.cz/tezba-hnedeho-uhli-prinosem-pro-zemedelce/>>

Vrba, V., Huleš, L. 2007. Humus – půda – rostlina (9), Humusové látky a minerální výživa rostlin [online]. BIOM [cit. 2016-2-10]. dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborneclanky/humus-puda-rostlina-9-humusove-latky-a-mineralni-vyziva-rostlin>>