

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



Studium fyziologických charakteristik chmele
pěstovaného na nízké konstrukci

Diplomová práce

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

Autor práce: Bc. Lubomír Vent

2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Studium fyziologických charakteristik chmele pěstovaného na nízké konstrukci“ vypracoval samostatně a využil jsem pouze literárních pramenů a publikací uvedených v seznamu použité literatury.

V Praze dne 1.4. 2010

.....
Lubomír Vent

Poděkování

Především děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Františku Hniličkovi, Ph.D. za cenné rady, poskytnutí všech potřebných informací a materiálů a odborný dohled při vypracovávání diplomové práce. Dále bych rád poděkoval svému otci Ing. Lubomíru Ventovi za poskytnutý materiál, osobní zkušenosti a praktické rady.

Autorský referát

V České republice se v polovině 90. let poprvé testovala možnost pěstování chmele na nízké konstrukci. Testování bylo prováděno pouze na českých odrůdách Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ), Sládek a Premiant. Bohužel technologie včetně strojního vybavení nebyla do té doby, ani v průběhu pokusu téměř řešena. Po ukončení tohoto sledování se vedení českého chmelařství a výzkumu shodlo, že tato technologie nemá pro naše chmelařství perspektivu.

Dosažené výnosy na těchto konstrukcích u všech sledovaných odrůd nezaručovaly rentabilitu jejich pěstování, výnosy se pohybovaly na cca 40-50 % v porovnání s vysokou konstrukcí, úspora nákladů jak na sadbu, konstrukci tak i provozních a mzdových byla nepodstatná, vývoj techniky byl v plenkách, musela by se vyšlechtit vhodná odrůda a problém nedostatku pracovních sil nebyl.

V roce 2007 se z důvodů nedostatku pracovních sil, znovu začaly tyto nízké konstrukce v ČR stavět. První byla postavena v Kněžicích na Žatecku s odrůdou Premiant, další v Sedčicích s odrůdou Sládek a další na Rakovnicku, Litoměřicku a Úštěcku. V roce 2009 postavil Chmelařský institut, s. r. o. v Žatci na svém účelovém hospodářství Stekník pokusnou nízkou konstrukci s českými odrůdami ŽPČ, Sládek, Premiant, Harmonie, Agnus a s anglickou trpasličí odrůdou First Gold.

Na této chmelnici byly během vegetace 2009, sledovány fyziologické charakteristiky chmele v závislosti na jednotlivých genotypech. Fyziologické vlastnosti byly měřeny a zaznamenávány gazometricky infračerveným analyzátozem plynů LCA-4. Měření probíhalo v období od 25. května, kdy je chmel ve fázi plouživého růstu až do sklizně, tedy 11. srpna, kdy je chmel ve fázi technické zralosti hlávek.

Na základě výsledků měření byla přijata alternativní hypotéza, že rychlost fotosyntézy je ovlivněna genotypem sledovaných rostlin, kdy odrůda Harmonie měla nejnižší průměrnou rychlost fotosyntézy ($8,49 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a naopak odrůda First Gold nejvyšší ($10,19 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). Z výše uvedené statistické analýzy dále vyplývají neprůkazné difference v rychlosti fotosyntézy mezi testovanými českými genotypy, vyjma odrůdy Agnus ($9,63 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Dále lze předpokládat, že rychlost fotosyntézy je výrazně ovlivněna variantou konstrukce. Průměrná rychlost fotosyntézy na nízké konstrukci ($9,24 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) je o 56 % vyšší než na vysoké, která dosáhla pouze ($5,9 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Obdobně jako rychlost fotosyntézy byla transpirace ovlivněna genotypem sledovaných rostlin na nízké konstrukci. Statisticky průkazně nejnižší rychlost transpirace na nízké konstrukci vykazuje odrůda Sládek ($1,12 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Naopak u odrůdy First Gold byla transpirace nejvyšší ($1,84 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Statisticky neprůkazné diference byly zjištěny mezi odrůdami Harmonie a Agnus, Sládek.

Byly zjištěny významné statisticky průkazné rozdíly rychlosti transpirace mezi nízkou a vysokou variantou pěstování. Shodně s rychlostí fotosyntézy jsou hodnoty rychlosti transpirace genotypů na nízké konstrukci průkazně vyšší. Z výsledků vyplývá, že nejvyšší nárůst vykazuje odrůda Sládek (693 %), dále následovaly odrůdy Premiant (489 %), Harmonie (438 %) a nakonec Agnus o 359 %. Z celkového pohledu genotypy pěstované na nízké konstrukci měly o 495% vyšší rychlost transpirace v porovnání s rostlinami pěstovaných na vysoké konstrukci.

Dále byla přijata hypotéza, že stomatální vodivost chmele na nízké konstrukci je ovlivněna genotypem sledovaných rostlin, kdy odrůda Agnus měla nejnižší průměrnou stomatální vodivost ($0,36 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a naopak odrůda First Gold nejvyšší ($0,57 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Z výše uvedené statistické analýzy dále vyplývají neprůkazné diference stomatální vodivosti mezi testovanými českými genotypy Harmonie, Sládek a Agnus, dále mezi odrůdami Sládek a Premiant.

Rozdíly v hodnotách stomatální vodivosti v závislosti na variantě pěstování se ukázaly také jako statisticky průkazné u všech pěstovaných genotypů. Jako u předchozích měřených veličin byly hodnoty chmele na nízké konstrukci vyšší. Nejvyšší nárůstu byl zaznamenán u odrůdy Sládek ($0,39 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), kdy na nízké konstrukci byla hodnota 5,3 krát vyšší, dále u odrůdy Harmonie ($0,36 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 4,8 krát vyšší, u odrůdy Premiant ($0,4 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 4,7 krát vyšší a nakonec u odrůdy Agnus ($0,36 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 4,6 krát vyšší než na klasické vysoké konstrukci.

Ze subjektivního hodnocení habitu jednotlivých odrůd chmele prvním rokem pěstování nelze vyvozovat konkrétní závěry, neboť chmelové rostliny dosahují plného vzrůstu až po 2-3 letech pěstování. Ale i tak byly patrné rozdíly mezi jednotlivými genotypy. Pomalejší nástup, ale nejbujnějšího olistění a až boudovitého habitu dosáhla odrůda Agnus, naopak nejnižší vzrůst s nejnižší listovou plochou vykazovala anglická odrůda First gold. Odrůdy Sládek a Premiant byly středního vzrůstu s lehce boudovitým habitem. Na vysoké konstrukci byl vývoj u českých odrůd obdobný, anglická trpasličí odrůdy First Gold se na vysoké konstrukci nepěstuje.

Výsledky této práce prokázaly genotypové rozdíly v rychlosti výměny plynů a stomatální vodivosti jak na nízké tak na vysoké konstrukci. Ze sledovaných odrůd na nízké konstrukci vykazovala nejvyšší hodnoty fyziologických charakteristik odrůda First Gold, která se dále z vývojového hlediska jeví v porovnání s českými odrůdami jako pozdnější. Nízká konstrukce vykazovala u všech měřených fyziologických charakteristik prokazatelně vyšší hodnoty než klasická vysoká konstrukce, což se dá vysvětlit lepším osvětlením porostu a lepším využitím světla. Dále omezuje zastínění porostu.

Klíčová slova: chmel, nízké konstrukce, fotosyntéza, transpirace, stomatální vodivost

Summary

The low trellis hop growing was tested for the first time in the Czech republic in 90's. Only the Czech variants Žatecký poloraný červeňák, Sládek and Premiant was tested. But growing technology including machine equipment were not solved till then. Then Czech hop growing leadership decided that there is no perspective for low trellis hop technology in the Czech hop growing. The production reached only about 40 – 50 % in comparison with high hop construction, plantation, construction and staff savings were unimportant, technical development was at the beginning, there was no suitable hop variant and there was no problem with brigade-work.

The first low trellis hop constructions were built in the year 2007. The first one was built in Kněžice in Žatec region with Premiant variant, the second one in Sedčice with Sládek variant and the next one in Rakovník, Litoměřice and Ústěck region. Hop research institute s.r.o. in Žatec build a new testing low trellis hop construction with Czech variants ŽPČ, Sládek, Premiant, Harmonie, Agnus and English dwarf variant First Gold in Stekník in 2009.

Physiological characteristics were measured and recorded gasometrically by infra-red gas analyser LCA- 4. Measuring was in progress within the period of 22nd May till 19th August .

The alternative hypothesis of influence a variant on the rate of photosynthesis was accepted on the base of our results. The lowest rate of photosynthesis reached variant Harmonie with value $8,49 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, on the other hand variant First Gold reached the highest rate of photosynthesis with $10,19 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. There were no significant differences between Czech varieties except of variant Agnus ($9,63 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Next we can suppose the important influence of type of construction on the rate of photosynthesis. Average rate of photosynthesis of the czech varieties on the low trellis hop construction ($9,0 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) is about 53% higher then in the case of high construction ($5,9 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Similar to rate of photosynthesis the rate of transpiration on low trellis hop construction was influenced by genotype of hop variants. Statistically, a variant Sládek has reached the lowest rate of transpiration on low trellis hop construction ($1,12 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), compared to the highest value in the case of variety First Gold ($1,84 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Between other Czech variants Harmonie, Agnus and Sládek were discovered no significant differences.

In the case of rate of transpiration the significant differences between low trellis hop and high construction were discovered too. The values of rate of transpiration as values of rate of

photosynthesis are much higher on the low trellis hop construction. Our results shown that the biggest increase was found out at variant Sládek (746 %), next variant is Harmonie (465 %), Premiant (462 %), and in the end variant Agnus (359 %). The czech varieties grown on the low trellis hop construction has average rate of transpiration about 469 % higher then variants grown on the high construction.

Next we have accepted a hypothesis that the differences in stoma conductivity between genotypes are significant. Agnus variant has the lowest value of stoma conductivity ($0,36 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) contrary to First Gold which reaches the highest value ($0,57 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). We found no significant differences between variants Harmonie, Sládek, Agnus and between variants Sládek and Premiant.

The values of stoma conductivity was higher on the low trellis hop construction then on the high construction. The variant Sládek ($0,39 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) reaches 5,3 times higher value, Harmonie ($0,36 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) 4,8 times higher, Premiant ($0,4 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) 4,7 times higher and Agnus ($0,36 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) 4,6 times higher value then on the high construction.

Next we judged habitus of hop plants, but it is not very good in the first year of growing because hop plants are in their full habitus in the 2-3 year. Agnus variant grown slower at the beginning but voluminous foliage and hat-habit appeared in the end of vegetation. Variant First Gold shown the lowest growth with low foliage. Variants Sládek and Premiant recorded middle growth with a little hat-habitus. There was a similar making of habitus of the Czech variants on the high construction and variety First Gold is not grown on the high construction.

The results of this work proved genotype differences in the rate of photosynthesis, the rate of transpiration and stoma conductivity between the high and low trellis hop construction. Variant First Gold which has a little slower growth and evolution then the Czech variants recorded the highest values. All variants grown on the low trellis hop construction shown a significantly higher values of all physiological characteristics. It can be explained by the higher lighting of vegetation and better use of sunlight. The low trellis hop construction reduces shading.

Keywords: hop, low trellis hop, rate of photosynthesis, rate of transpiration, stoma conductivity

Obsah

1.	Úvod	11
2.	Literární rešerše.....	12
2.1	Charakteristika chmele.....	12
2.1.1	Původ chmele.....	12
2.1.2	Systematika chmele.....	13
2.1.3	Botanická charakteristika	13
2.1.4	Odrůdová charakteristika	16
2.1.4.1	Původní krajové šlechtěné odrůdy.....	16
2.1.4.2	Hybridní odrůdy.....	17
2.2	Nároky na pěstování.....	18
2.2.1	Potřeba tepla	18
2.2.2	Potřeba vody.....	20
2.2.3	Závlaha a její vliv na fyziologické charakteristiky a výnos chmele.....	21
2.3	Legislativa	23
2.4	Pěstování chmele v ČR na nízké konstrukci.....	25
2.4.1	Historie.....	25
2.4.2	Současnost	26
2.4.3	Výstavba nízké konstrukce.....	26
2.4.4	Agrotechnika.....	26
2.4.5	Výnos a kvalita chmele na nízké konstrukci.....	27
2.4.6	Šlechtění nových odrůd pro nízké konstrukce.....	28
2.4.7	Ekonomické zhodnocení	29
2.5	Pěstování chmele ve světě na nízké konstrukci.....	31
2.5.1	SRN.....	31
2.5.2	Bulharsko.....	32
2.5.3	Anglie.....	32
2.5.4	USA.....	32
2.6	Fyziologické charakteristiky.....	33

2.6.1	Fotosyntéza chmele.....	33
2.6.2	Transpirace.....	35
2.6.3	Stomatální vodivost.....	36
3.	Cíle.....	38
4.	Metodika.....	38
4.1	Charakteristika oblasti.....	38
4.1.1	Rajonizace.....	38
4.1.2	Výrobní oblast.....	39
4.1.3	Topografická charakteristika.....	39
4.1.4	Pedologická charakteristika.....	39
4.1.5	Klimatická charakteristika.....	40
4.2	Charakteristika pokusného materiálu.....	40
4.3	Průběh počasí za vegetaci v roce 2009.....	40
4.4.	Založení pokusu a vegetační pozorování.....	41
4.5.	Stanovení rychlosti fotosyntézy a transpirace.....	42
4.6	Vyhodnocení naměřených hodnot.....	44
5.	Výsledky měření a diskuse.....	45
5.1	Rychlost fotosyntézy – vysoká konstrukce.....	45
5.2	Rychlost fotosyntézy – nízká konstrukce.....	46
5.3	Rychlost transpirace – vysoká konstrukce.....	50
5.4	Rychlost transpirace – nízká konstrukce.....	52
5.5	Stomatální vodivost – vysoká konstrukce.....	55
5.6	Stomatální vodivost – nízká konstrukce.....	56
5.7	Habitus rostlin.....	60
6.	Závěr.....	63
7.	Přehled literatury.....	64
8.	Přílohy.....	69

1. Úvod

Jednou z cest, jak snížit náklady při pěstování chmele, je jeho pěstování na nízkých konstrukcích. Testování možnosti pěstování chmele na nízké konstrukci započalo ve světě v roce 1976 se stávajícím sortimentem odrůd. První odrůda chmele vyšlechtěná pro pěstování na nízké konstrukci byla povolena až v roce 1996. Problematika nízké konstrukce byla řešena v ČR v devadesátých letech minulého století, kdy se od ní upustilo především s ohledem na ekonomiku pěstování a výběr vhodného genotypu. V současné době je v ČR čtrnáct hektarů chmelnic s nízkou konstrukcí, např. u Stekníku, Kněžic, Sedčic, Hořesedel na Rakovnicku a Ústěcku na Litoměřicku.

Výhodou této technologie je mimo jiné významné snížení potřeby ruční práce, zejména při náročných jarních pracích a při sklizni. Podle literárních údajů se náklady na pěstování chmele na nízké konstrukci ve srovnání s jeho pěstováním na vysoké konstrukci sníží na polovinu. Další možné výhody pěstování chmele na nízké konstrukci je možné nalézt také v počátečních pořizovacích nákladech a v nákladech na vstupy do výroby, především ve formě agrochemikálií.

Chmel pěstovaný na nízké konstrukci se může sklízet v optimální době zralosti a mobilní česačky výrazně nepoškozují rostliny a část fotosyntetického aparátu rostlin zůstává zachována, čímž je umožněn transport vzniklých asimilátů do vytrvalé části chmelové rostliny. Tvorba asimilátů takto pokračuje až do skončení vegetace rostlin v důsledku přirozeného stárnutí listů. Výhodou nízké konstrukce z fyziologického hlediska je také vyšší pronikání slunečního záření do porostu, kdy rostliny nejsou stíněny, a tím dochází k lepšímu využití dopadajícího slunečního záření listy.

Uvedená diplomová práce navazuje na mou bakalářskou práci, která se zabývala studiem fyziologických charakteristik chmele pěstovaného na vysoké konstrukci a pod různými závlahovými systémy.

Cílem předkládané práce bylo zjistit fyziologickou odezvu vybraných genotypů chmele v závislosti na pěstování na nízké konstrukci, neboť uvedenou problematikou se doposud nikdo nezabýval.

2. Literární rešerše

2.1 Charakteristika chmele

2.1.1 Původ chmele



Obr. 1: Chmel (*Humulus lupulus* L.) (autor)

Kdy a kde vznikl kulturní chmel (obr. 1), není zatím přesně známo. Pravlastí chmelu jsou pravděpodobně úrodné nížiny a podhůří Kavkazu a oblasti kolem Černého moře, odkud se chmel rozšířil do střední Evropy. Zda se tak stalo až při velkém stěhování Slovanů (2.-5. stol. n. l.), nelze přesně říci. Podle některých zpráv byl chmel ve střední Evropě znám již před touto dobou, ale nepoužíval se pro chmelení nápojů (Vent et al., 1963).

Tempír (2005) uvádí, že v Evropě byl doložen archeologickými nálezy jeho zbytků v objektech mladší doby kamenné ve Švýcarsku (Auvernier, Brise-Lames 1978) a na Moravě (Mohelnice 1979). Podstatně častěji byl chmel zjištěn v objektech z raného až vrcholného a pozdního středověku (500-1500 n.l.)

Dále je podle tohoto autora výklad jednotlivých nálezů zbytků chmele v archeologických objektech i vyhodnocování písemných dokladů obvykle značně obtížné. Lze však konstatovat, že významná část lokalit s větším množstvím zbytků chmele ze středověku pochází z území dnešní České republiky.

Vent et al. (1963) konstatuje, že první ojedinělé písemné zprávy o chmelu jsou z 8. a 9. století, a to z různých míst, mezi nimi i z Čech, z roku 859. Později, a to v 10. a 11. století, zpráv o pěstování chmelu podstatně přibývá. Z prvních zpráv je zřejmé, že chmel jako rostlina

byl znám; později je chmel uváděn jako předmět povinně odevzdávaných dávek vrchnosti nebo klášteru, z čehož lze usuzovat i na jeho hospodářské využití.

Z některých historických pramenů vyplývá, že již v předhusitské době docházelo v Čechách k určitému soustředování pěstování chmele do některých oblastí s nejpříhodnějšími přírodními podmínkami a oblastí dostupných i pro tehdejší obchod (Tempír, 2005).

2.1.2 Systematika chmele

Chmel (*Humulus lupulus* L.) patří do řádu rostlin kopřivovitých (*Urticales*) čeledi konopovitých (*Cannabinaceae*). Jest vytrvalou rostlinou, jež vydrží v půdě 20 i více let. (Zima, Zázvorka, 1938)

Rybáček (1980) řadí chmel takto:

- Říše: Rostliny;
- Podříše: Cévnaté rostliny;
- Oddělení: Kryptosemenné;
- Třída: Vyšší dvouděložné;
- Řád: Kopřivovité;
- Čeleď: Konopovité;
- Rod: Chmel (*Humulus*, Linné 1753);
- Druh: Chmel otáčivý;
- Poddruh: evropský;
- Varieta: kulturní (*Humulus lupulus* L., ssp. *europaeus* Ryb., var. *culta* Ryb.)

Vent et al. (1963) uvádí, že někteří slučují rod *Humulus* s rodem *Cannabis*. Naproti tomu jsou též hlasy pro vyloučení rodu *Humulus* z čeledě *Cannabaceae* a pro vytvoření samostatné čeledi. Základ slova je odvozen od „chumel“ (hustý keř chmelu).

2.1.3 Botanická charakteristika

Chmel otáčivý je dvoudomý, to znamená, že jsou od sebe rozlišeni jedinci výlučně samčího a samičího pohlaví. Vzácně se vyskytuje i hermafroditismus, kdy se na některé

větévce chmelové rostliny objeví květenství obojího pohlaví, tedy stejně jako u rostlin jednodomých (Rybáček et al., 1980).

V chmelařských krajinách, kde se pěstuje ušlechtilý chmel, je rostlina pohlaví samčího vzácná a v pěstování přicházejí v úvahu pouze rostliny samičí. Samčí rostliny jsou z chmelnice odstraňovány, ježto způsobují opylení a vytvoření semene, tzv. pecek v hlávkách, které pivovarskou hodnotu chmele snižují, dodávající pivu nepříjemnou hořkou a trpkou chuť. Způsobují též rozpadávání hlávek. Po opylení jsou sice hlávky těžší, ale jakostně špatné. Z toho důvodu ve zmíněných oblastech pěstitelé úzkostlivě odstraňují divoce rostoucí samčí jedince z okolí chmelnic (Zima, Zázvorka, 1938).

Podle Rybáčka et al. (1980) je chmel otáčivý mnohaletou bylinou, u které každoročně odumírají všechny nadzemní orgány před nástupem zimního období a přežívají pouze vyspělé orgány podzemní. Nevyspělé koncové kořínky s jednoduchou stavbou též každoročně na podzim odumírají a přetrvávají jen kořeny s druhotnou stavbou. Základem víceletosti chmelových rostlin je schopnost spících podzemních pupenů přetrvat v životaschopném stavu do čtyř let. Všechny probuzené, ale také spící pupeny starší čtyř let odumírají a jsou každoročně nahrazovány nově vytvořenými spícími pupeny.

Kořání chmele se skládá ze starého dřeva, tzv. babky a z dřeva nového. Babka má kulové hluboké kořeny a kořeny postranní (Blatný et al., 1949). Tito autoři dále uvádí, že z babky vyrůstá každoročně nové či mladé dřevo. Je to podzemní část chmelových rév. Toto nové dřevo zapouští jednoleté kořání, jímž přijímá živiny i vodu. Nové dřevo se každoročně seřezává až na babku. Seřezané a upravené mladé dřevo je sádí čili sazečkou pro zakládání nových chmelnic. Všechny kořeny se dobře odlišují od podzemních lodyžních orgánů (babky) morfologicky zejména tím, že nemají nody s pupeny jak ve své práci uvádí Rybáček et al. (1980).

Nadzemní část rostliny je složena z rév (pružin), postranních lodyžních výhonů (odnoží čili pazochů), listů lodyžních a pazochových a květu čili osýpky a později hlávek.

Pravotočivá réva je opatřena šplhavými chlupy a musí se vinout. Je rozdělena kolénky na články. Nadzemní část rostliny tvoří chmelný trs čili keř, kterému po očesání říkáme chmelinka (Blatný et al., 1949).

Vent et al. (1963) konstatují, že na průřezu je réva šestiúhelníková a její tloušťka kolísá od 0,7 do 1,3 cm. U červeňáků vlivem anthokyanové pigmentace je réva načervenalá, červená až tmavofialová. U zeleňáků anthokyanová pigmentace révy schází (Rybáček, 1980).

Chmel má z našich kulturních rostlin největší plochu listovou. Uvádí se, že počet listů na rostlině činí koncem června 450 listů a v době sklizně chmelu 600 (Vent et al., 1963).

Podle Rybáčka et al. (1980) vyrůstají listy z uzlin révy a pazochů zpravidla po dvou vstřícně proti sobě. Podle místa, odkud vyrůstají, se také rozdělují na listy révové a pazochové. Zima a Zázvorka (1938) uvádí, že listy jsou dlanité, 3-5 laločné, hrubě pilovité, nejmladší bývají celistvé a srdčité vejčité. V dolejší části rostliny jsou větší a tmavší. Na bázi řapíku jsou dva dlanité palisty. Z úžlabí pazochových i révových listů vyrůstají květonosné větévky se samičími květenstvími, zvanými osýpky, kterých bývá na větévce i dost velký počet (20–40 i více) (Vent et al., 1963). Samičí květenství je složeno z 20–60 kvítků hustě osazených na mnohokrát zalomeném vřetenku, které tvoří osu celého květenství. Na každém zalomení vřetenka se vytvářejí obvykle čtyři kvítky (výjimečně jen dva) (Rybáček et al., 1980).

Podle Zimy a Zázvorky (1938) vzniká zráním z květenství hlávka, kdy osu chmelné hlávky tvoří krátce chlupaté vřetenko, charakteristicky lomené. Na každém článku vřetenka vyrůstají dva palisty na konci více zašpičatělé, pod nimi čtyři pravé, na konci zaokrouhlenější listeny a z jejich úpatí čtyři pestíky. Pravidelná stavba hlávky je typická pro zdravé a ušlechtilé chmely. Hlaváček s Lhotským (1972) dodávají, že tvar hlávky kolísá od kulovitěho po dlouze válcovitý; ušlechtilé chmely mají nejčastěji hlávky vejčitého tvaru, na konci uzavřené. Pravidelnost v lomu vřetenka a rozestavení listenů na něm je typická pro jednotlivé odrůdy. Naše chmele mívají hlávky dlouhé 1 až 5 cm, po usušení 0,5 až 3 cm. Barva hlávek zralého chmele je zelená, s odstíny do žlutozelená až zlatozelená. Chmelům těchto barevných odstínů se u nás dává obvykle přednost před čistě zelenými, které mohou být nedozrálé.

Oproti tomu samčí květ tvoří bohaté laty. Každý kvítek má pětičetné zelené okvětí a pět tyčinek s velkými prašníky, z nichž může být pyl zanášen hmyzem nebo větrem na velikou vzdálenost. Květy tyto žádného užitku neposkytují, naopak sprášením a oplozením samičích květů jakost chmele snižují (Zima, Zázvorka, 1938).

Hlávky chmele jsou konečným a nejdůležitějším produktem chmelové rostliny. Jsou jednou ze základních surovin při výrobě piva, kterému dávají jeho charakteristickou chuť. Proto jim byla věnována pozornost z hlediska jejich chemického obsahu, neboť chmel různého původu dává různou chuť piv. Mezi nejlépe prostudované složky a jejich změny v průběhu vegetace patří hořké chmelové látky, třísloviny a silice (Vent et al., 1963).

2.1.4 Odrůdová charakteristika

2.1.4.1 Původní krajové šlechtěné odrůdy

Jak dokládá Hlaváček a Lhotský (1972), mezi původními odrůdami chmele se rozeznávají odrůdy krajové a šlechtěné. Krajové odrůdy vznikly z místních odrůd dlouhodobým šlechtěním a selekcí v určité oblasti. Šlechtěné odrůdy jsou vypěstovány selekcí nebo pohlavním křížením. U odrůd získaných selekcí a vegetativním množením se rozeznávají populace a klony. Hybridy (kříženci) jsou odrůdy šlechtěné křížením nebo křížením a vegetativním množením.

Žatecký krajový poloraný červeňák – s vegetační dobou kolem 130 dnů. Je středně mohutného vzrůstu, více olistěný. Má plodonosné větévky většinou 60–10 cm dlouhé, v horní části vzpřímené a v dolní polosvislé. Nasazení hlávek na plodonosných větévkách obvykle začíná v průměrně výšce 180 cm a liší se podle jednotlivých ročníků. Hustota nasazení hlávek je střední. Čerstvé, dozralé hlávky jsou většinou 2-3 cm dlouhé. Stavba hlávek je pravidelná, mají vejčitý tvar a zlatově zelenou barvu. Jsou bohaté na obsah lupulinu, dobře uzavřené a vynikají pravou jemnou chmelovou vůní jak v čerstvém stavu, tak po usušení. Výnosy se pohybují kolem 0,9 t suchého chmelu z 1 ha. Pro svou vysokou kvalitu a výbornou pivovarskou hodnotu zaujímá žatecký krajový první místo mezi světovými ušlechtilými odrůdami (Vent et al., 1963).

Nesvadba a Krofta (2007) uvádějí devět klonů žateckého poloraného červeňáku: Lučan, Blato, Osvaldovy klony 31, 72, 114, Siřem, Zlatan, Podlešák, Blanka.

Vzhledem k tomu, že chmel je množěn výhradně vegetativním způsobem, dochází k neustálému šíření patogenů (viry, viroidy) sadbou. Zabránit lze šíření těchto patogenů výrobou zdravé sadby a správnou pěstitelskou praxí (Svoboda, 2006). Autor dále uvádí, že žatecký poloraný červeňák je totálně infikován viry a viroidy. Nové moderní odrůdy získané křížením jsou již relativně zdravé, protože většina těchto patogenů se nepřenáší semenem. Proto také v ostatních zemích, kde se takové odrůdy ve zvýšené míře pěstují, nemá ozdravování takový význam, nebo se vůbec neprovádí. K výrobě ozdravené sadby bylo již přistoupeno v minulosti, a má tedy dlouhou tradici. Jednalo se především o eliminaci vizuálně infikovaných rostlin z chmelnic, z kterých byly odebírány sádě pro výrobu sadby.

Svoboda (2006) dále konstatuje, že všechna tato opatření přispěla ke zvýšení kvality sadby, ale pomohla eliminovat pouze silně infikované rostliny, především příznaky, které tvořily mozaiku kreslenou a anglickou, zborcení listu, nakažlivou neplodnost a různé příměsi,

jako byly „zeleňáky“ či jiné odrůdy, které narušují odrůdovou pravost a čistotu. Základem ozdravování byla technika meristémových kultur a zavedení imunoenzymatické metody ELISA k detekci virových patogenů.

2.1.4.2 Hybridní odrůdy

Hybridní odrůdy se oproti tradičním odrůdám žateckého poloraného červeňáku vedle výkonových parametrů odlišují mnohými biologickými a růstovými vlastnostmi, které spočívají v pozdějším nástupu a pozvolném průběhu fáze růstu, v pozdějším a pozvolném průběhu fáze tvorby květu, v pozdním nástupu, ale rychlé tvorby hlávek a v hustším zápoji porostu, daným vyšší produkcí nadzemní hmoty (Kopecký, Ježek, 2006).

Sládek – vznikl křížením a je charakteristický vysokým podílem beta hořkých kyselin a vysokým výnosovým potenciálem. Odrůda Sládek byla registrována v roce 1994. V současné době je pěstována na ploše téměř 200 ha, což zaručuje produkci 400 až 500 t chmele. Odrůda Sládek se stává stěžejní odrůdou pro druhé chmelení ležáckých piv. U „levných“ piv typu klasik je používána pro třetí chmelení místo Žateckého poloraného červeňáku. Odrůda Sládek má v původu Žatecký poloraný červeňák, po kterém získala vysoký obsah beta hořkých kyselin, které zjemňují charakter hořkosti. (<http://www.czhops.cz/odrudy.html#sladek>)

Premiant – odrůda vznikla křížením po inzuchtním křížení. Je charakteristická vyšším obsahem alfa hořkých kyselin a vysokým výnosovým potenciálem. Odrůda byla registrována v roce 1996. V současné době je pěstována na ploše téměř 200 ha, což zaručuje produkci 400 až 500 t chmele. Odrůda Premiant ve své skupině převážně vytlačila zahraniční odrůdy (Perle) a je používána v českých pivovarech pro druhé chmelení (výčepní i ležácké piva). V původu má 50 % Žateckého poloraného červeňáku a je charakteristická nízkým podílem kohumulonu. Pozitivně ovlivňuje jemnost hořkosti piva. (<http://www.czhops.cz/odrudy.html#premiant>)

Agnus – je odrůda charakteristická vysokým obsahem beta kyselin (poměr alfa/beta je cca 2), široká řada světových odrůd typu superalfa má tento poměr cca 3. V genetickém původu této odrůdy je Sládek (proto vysoká beta) a řadu kvalitativních parametrů získala po této odrůdě. Odrůda Agnus se výrazně uplatňuje u velkých českých pivovarů. Pivovarská kvalita je jednoznačně srovnatelná se zahraničními odrůdami (Magnum, Taurus, Columbus, Target), ale z výsledků pivovarů má nejlepší vliv na stabilitu piva. Tuto odrůdu požadují pivovary pro svůj zahraniční obchod, kde musí garantovat dlouhou dobu trvanlivosti.

<http://www.czhops.cz/odrudy.html#agnus>)

Harmonie – vznikla křížením a je charakteristická vysokým podílem beta hořkých kyselin a oproti odrůdě Sládek má vyšší obsah chmelových pryskyřic. Odrůda byla registrována v roce 2004, proto je pěstována pouze na pokusné ploše cca 1 ha. První pivovarské testy i ověřovací zkoušky v českých pivovarech poukazují na dobrou kvalitu a to především na intenzitu a kvalitu vůně piva (<http://www.czhops.cz/odrudy.html#harmonie>).

Bor – byl získán z potomstva po „matce“ odrůdy Northern Brewer. Po registraci byl postupně vysazován do provozu, ale po dvou letech byl registrován Premiant, který vykazoval vyšší výkonnost a především stabilitu v obsahu alfa hořkých kyselin než Bor. Přestože má Bor dobré pivovarské parametry, z důvodu stability produkce chmelových pryskyřic je postupně nahrazován odrůdou Premiant (<http://www.czhops.cz/index.php/cs/ceske-odrudy-chmele>).

Rubín – odrůda mohutného vzrůstu, válcovitého tvaru s dlouhými pazochy, plodonosné pazochy jsou středně vysoko nasazené, réva středně silná červenofialová, středně husté nasazení hlávek. Hlávka je podlouhlá s pravidelným vřetenkem a hrubě kořenitým aroma. Je středně náchylná vůči padlí chmelovému a peronosporu chmelovou. Vegetační doba 114 dní, výnos 1,8–2,5 t.ha⁻¹ (http://www.chizatec.cz/aoch_rubin.htm).

First Gold – tato v Anglii vyšlechtěná trpasličí odrůda je velmi vhodná jak pro běžné, tak i pro pozdní a suché chmelení všech druhů piv. Má dobré hořké aroma, které je zachováno po odrůdě WGV, avšak s příchutí citrusů. Zanechává vyváženou hořkost a ovocnou, lehce pikantní příchut' v pivu. Tato trpasličí odrůda chmele byla vyšlechtěna ve Wye College v Anglii v roce 1995. First Gold je křížencem mateřských rostlin odrůdy WGV s trpasličími samčími rostlinami. Má velmi atraktivní aroma, které někteří přirovnávají k odrůdě Goldings, ale s vyšším obsahem alfa kyselin. Po svých WGV rodičích má střední odolnost vůči Verticiliovému vadnutí (*Verticilium albo-atrum*) a Padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*).
(<http://www.wellhopped.co.uk/varietydetail.asp?VarietyID=UK-FG>)

2.2 Nároky na pěstování

2.2.1 Potřeba tepla

Chmel se počítá k plodinám na teplo velmi náročným; množství tepla, jež potřebuje od řezu do uzrání, se odhaduje na 2 700-2 900 °C. Jako vegetační tepelná konstanta chmele (součin stř. teploty a počtu dní veget. období) se uvádí 2 000-2 800 °C. Bylo zjištěno, že růst chmele ustává při 4 °C, stoupne-li teplota nad 7 °C, projevuje se vzrůst chmele v půdě až do

hloubky 30 cm. K dobrému vzrůstu potřebuje chmel nejnižší teplotu noční 10-11°C (Zima, Zázvorka, 1938).

Kopecký a Ježek (2008) uvádějí v tabulce 1, že vysoké výnosy z hlediska průběhu teplot byly dosaženy v ročnících se sumou teplot v období měsíce dubna až června v rozmezí 1 150 – 1 280 °C, u ročníků, kdy byl dosažen nižší výnos, byla suma teplot v dlouhivé fázi vyšší jak 1 350 °C.

Tab. 1: Výnos chmele ve vztahu k teplotám ve chmelařské oblasti Žatecko, okres Louny v letech 1996-2005 (Chmelařský institut s. r. o v Žatci)

Rok	Výnos chmele (t.ha ⁻¹)	Suma teplot (°C)			
		Období			
		IV - VIII	IV - VI	V- VI	VII - VIII
Roky s vysokým výnosem chmele nad 1 tunu z ha					
1996	1,03	2 178	1151	894	1 027
1999	1,04	2 424	1 252	968	1172
2002	1,04	2 696	1 399	1111	1 297
2004	1,00	2 338	1 178	884	1 160
2005	1,25	2 385	1 278	971	1 108
Roky s nízkým výnosem chmele pod 0,85 tuny z ha					
1998	0,79	2 467	1 341	1 029	1126
2000	0,70	2 493	1 364	1 031	1129
2003	0,82	2 755	1 442	1163	1 313

Chmel je plodina velmi náročná na vláhu, teplo, živiny a agrotechniku. Pro zachování vysoké jakosti vyžaduje zvláštní pečlivou ochranu proti škůdcům a chorobám, která je mnohem nákladnější než u jiných pěstovaných rostlin. Podobně jako kultura obilí, brambor, řepy apod. je chmelnice monokulturou, ve které choroby a škůdci nacházejí pro svůj rozvoj a šíření podmínky mnohem příznivější než u planě rostoucího chmele, jenž nikdy netvoří větší, souvislejší porosty (Melichar, Starý, 1959).

V posledních letech dochází ke změnám klimatu a v důsledku toho jsou období výrazného nedostatku vláhy, které je navíc zvýrazněno vysokými průměrnými teplotami a celkovou sumou teplot za vegetaci (Kopecký, Ježek, 2007).

Průběh počasí v daném ročníku se rozhodujícím způsobem podílí na kolísání výnosů v jednotlivých letech, čímž se výrazně ovlivňuje konečný hospodářský efekt při pěstování chmele. Hlavním regulátorem dosahovaných výnosů chmele je zejména v posledních letech úroveň srážek a jejich časové rozložení. Množství srážek v posledních letech ve vegetačním

období není pro růst a vývoj chmelových porostů příznivý a navíc je ještě zvýrazněn průběhem teplot. Oproti dlouhodobému průměru se pohybuje zvýšení teplot ve vegetačním období o 1,5-2,6 °C (Kopecký, Ježek, 2008).

2.2.2 Potřeba vody

Zima a Zázvorka (1938) uvádí potřebu vody chmele na ploše 1 ha od 15-16 mil. kg, což odpovídá 150-1 600 mm vodních srážek, kdežto podle Mohla (1924) je potřebný roční úhrn srážek v rozmezí 450 - 600 mm. Novotný (1990) ve své práci udává spotřebu vody ve výši 600 až 1650 m³ na hektar.

Vent et al. (1963) uvádí, že k vytvoření 1 kg zelené hmoty je zapotřebí až 500 l vody, ale Linke a Rebbl (1950) uvažují se spotřebou 300 l

Zattler (1932) konstatuje, že chmel získává za 1 noc, při počtu 5 000 keřů na 1 ha, ze vzduchu ve formě rosy 3 465-8 870 litrů vody. Podle Pastyřika (1989) přijme chmel za vydatné rosy 0,6–0,7 l vody za jednu noc. Zima se Zázvorkou (1938) předpokládají, že k produkci 1 kg rostlinné sušiny je zapotřebí 300 kg vody, znamená to tedy potřebu 1 176 000 kg vody pro 1 ha.

Zázvorka, Zima (1956) vypočetli potřebu srážek podle produkce sušiny z 1 hektaru a dospěli k množství srážek ve výši 235 mm. Správné rozdělení srážek v měsících květen, červen a červenec považují za předpoklad dobrého výnosu Linke (1942), Zázvorka, Zima (1956).

Pejml (1971) konstatuje, že na výnos mají větší vliv srážky v posledních třech měsících vegetačního období než teplota. V teplých a suchých letech je třeba počítat s minimálními výnosy. Jako optimální množství vody v měsících červen, červenec a srpen se uvádí 200 mm srážek.

Kišgeci (1974) uvádí, že potenciální evapotranspirace tj. vlastně vláhová spotřeba rostliny se pohybuje během vegetace od 455 mm do 470 mm. Na začátku vegetace odhaduje spotřebu vody během dne na 0,97 mm a při vývoji hlávek až na 4,7 mm.

Na počátku vegetace je průměrná vláhová potřeba chmele 1,0 mm.den⁻¹. Ve fenofázi dlouhivého růstu a tvorby pazochů dochází k rychlému růstu průměrné hodnoty vláhové potřeby. Vrcholu dosahuje ve fenofázi kvetení až opadu blizen, kdy průměrná hodnota vláhové potřeby je 3,3 mm.den⁻¹. Dále hodnota vláhové potřeby chmele klesá až na 0,8 mm.den⁻¹ v období odumírání rév, jak vyplývá z práce Němce (1984).

Po zpracování vlivu atmosférických srážek v letech 1996-2005 na dosahovaný výnos, jako dokumentuje tab. 2, zjistili Kopecký a Ježek (2008), že ročníky s vysokým výnosem jsou charakteristické tím, že za vegetaci byla celková suma srážek nad 200 mm. Ve fázi dlouhivého růstu to bylo 120-170 mm, ve fázi květu a tvorby hlávek 100 mm a více.

Tab. 2: Výnos chmele ve vztahu ke srážkám ve chmelařské oblasti Žatecko, okres Louny v letech 1996-2005 (Chmelařský institut s. r. o v Žatci)

Rok	Výnos chmele t/ha	Suma srážek (mm)			
		Období			
		IV-VIII	IV-VI	V-VII	VII-VIII
Roky s vysokým výnosem chmele nad 1 tunu z ha					
1996	1,03	336	170	149	166
1999	1,04	213	127	81	86
2002	1,04	281	126	102	154
2004	1,00	250	155	145	95
2005	1,25	282	159	136	123
Roky s nízkým výnosem chmele pod 0,85 tuny z ha					
1998	0,79	188	97	82	91
2000	0,70	188	91	76	97
2003	0,82	182	90	72	93

2.2.3 Závlaha a její vliv na fyziologické charakteristiky a výnos chmele

Vegetační období chmele není dlouhé, udává se od 1.4. do 20.8., z toho závlahová sezóna trvá obvykle jen od 1.6. do 10.8. Z této skutečnosti se vychází i při návrhu celkového závlahového množství (600 až 1650 m³ na hektar). Velikost závlahových dávek má být taková, aby se vlhkost udržovala minimálně na hranici 50 až 70 % využitelné vodní kapacity, a to na počátku do hloubky 0,40 m, později do hloubky 0,60 m, závlahová dávka je 30 až 55 mm (Novotný, 1990). Uvedený autor dále uvádí, že časový rozsah na dodání závlahové dávky by neměl být větší než šest až osm dní.

Rubin (1963) uvádí, že jednou z nejožehavějších otázek je stanovení racionálních termínů závlah. Jde při tom o určení fyziologického stavu rostliny, kdy rostlina nejvíce potřebuje závlahovou vodu a nejcitlivěji na ni reaguje. Velmi důležitá je také otázka, jak mají být závlahy správně rozvrženy (počet a normy závlah) a řada jiných.

Vliv závlahy se primárně odráží na fyziologických charakteristikách chmelových rostlin, kdy Vent (2008) uvádí, že průměrná rychlost fotosyntézy chmele na pokusném stanovišti

v roce 2007 byla nejvyšší u podzemní závlahy ($6,287 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Absolutně nejvyšší hodnotu rychlosti fotosyntézy ($14,159 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) dosáhly všechny tři zavlažované varianty v prvním termínu měření. Nejnižší průměrnou hodnotu rychlosti fotosyntézy ze všech měření měla kontrolní nezavlažovaná varianta ($5,568 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Absolutně nejnižší hodnotu rychlosti fotosyntézy ($1,909 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) dosáhla varianta podzemní závlahy v termínu 30. června.

Uvedený autor dále uvádí, že nejvyšší průměrná rychlost transpirace chmelových rostlin ($1,562 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) byla zjištěna pro kapkovou závlahu. Na straně druhé byla nižší transpirace naměřena u rostlin zavlažovaných mikropostřikem ($1,271 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Průměrné hodnoty efektivity využití vody se pohybovaly od 4,852 do 6,040 g suché hmoty na vytranspirovaný kg H_2O . Nejméně využívala vodu kontrolní varianta, naopak nejvíce dokázala využívat vodu varianta s mikropostřikem (Vent, 2008).

Pozitivní vliv závlahy na produkci a kvalitu chmele je prokázán. Problémem je, že většina chmelových oblastí, jako jsou Žatecko, Rakovnicko, a na Slovensku Topolčansko a okolí Trnavy, trpí deficitem vodních zdrojů. Proto se závlahám, a nejvíce hospodářskému závlahovému režimu chmele věnuje zvýšená pozornost (Novotný, 1990).

Jak uvádí Kopecký a Ježek (2007), deficit srážek v posledních letech oproti dlouhodobému průměru dosahuje v některých růstových obdobích více jak 30 %. Autoři dále uvádí, že u systému kapkové závlahy se zvýšil výnos Žateckého poloraného červeňáku o 28 % a u hybridní odrůdy Agnus o 30 %. Poněkud vyšší zvýšení výnosu bylo dosaženo u podzemní kapkové závlahy (35 %). Domnívají se proto, že to bylo způsobeno tím, že při vysokých denních teplotách byla dodaná závlahová voda do půdy rostlinou lépe využita a nedocházelo u tohoto systému k odparu vlivem vysokých teplot.

U systému kapkové závlahy horem došlo ke zvýšení obsahu alfa hořkých kyselin o 6 % a 8 %. Toto je patrně způsobeno ovlivněním mikroklimatu v porostu, především snížením teplot. Podstatně vyšší nárůst obsahu alfa hořkých kyselin byl u kapkové závlahy podzemní. Zvýšení obsahu o 36 % je značně vysoké a je patrně způsobeno tím že ve fázi tvorby základu a samotné alfa hořké kyseliny působila půdní vlhkost na snížení vysokých denních teplotních amplitud, čímž byly vytvořeny příznivější podmínky pro její tvorbu (Kopecký, Ježek, 2007).

Vedle chemického složení chmelových hlávek ovlivnil ročník pěstování a závlaha také obsah energeticky bohatých látek naakumulovaných do chmelových rostlin. Obsah energie v chmelových rostlinách sledovala Hnilíčková (1999), která uvádí, že netto energie na gram

sušiny byla v chmelových rostlinách akumulována v závislosti na ročníku. Mezi zavlažovanými a nezavlažovanými chmelovými rostlinami nebyly v akumulaci netto energie na gram sušiny statisticky průkazné rozdíly. Autorka dále uvádí, že zavlažování chmelových rostlin zvýšilo množství celkové energie v chmelových hlávkách. Toto zvýšení obsahu energie činilo 23,33 až 30,46 % v závislosti na ročníku.

2.3 Legislativa chmele

Od 1. května 2004 je trh s chmelem součástí Společné organizace trhu (SOT), která je vymezena nařízeními Rady nebo Komise EU. Společná organizace trhu je u komodity chmel v EU uplatňována již od roku 1971. Pravidla SOT po vstupu ČR o EU jsou bezprostředně a přímo aplikovatelná. Národní legislativa řeší pouze záležitosti, které upravují některé členské státy odlišně, jako 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 (Altová, 2009).

Národní legislativa vztahující se bezprostředně ke komoditě chmel:

- zákon č. 322/2004 Sb., ze dne 29. 4. 2004, kterým se mění zákon č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele,
- vyhláška č. 325/2004 Sb., ze dne 4. 5. 2004, k provedení zákona o ochraně chmele,
- 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 změn,
- 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.

Evropské předpisy vztahující se bezprostředně ke komoditě chmel:

- Nařízení Rady č. 1234/2007 ze dne 22. října 2007, kterým se stanoví společná organizace zemědělských trhů a zvláštní ustanovení pro některé zemědělské produkty (jednotné nařízení o společné organizaci trhů)
- Nařízení Komise č. 1299/2007 ze dne 6. listopadu 2007 o seskupení producentů v odvětvích chmele a nařízení Komise č. 753/2008, kterým se mění NK č. 1299/2007
- Nařízení Komise č. 1557/2006 ze dne 18. října 2006, kterým se stanoví prováděcí pravidla pokud jde o evidenci smluv a sdělování údajů v odvětví chmele,

- Nařízení Komise č. 1850/2006 ze dne 14. prosince 2006, kterým se stanoví prováděcí pravidla pro ověřování chmele a chmelových produktů,
Nařízení Komise č. 1295/2008 ze dne 18. prosince 2008 o dovozu chmele ze třetích zemí (kodifikované znění) a nařízení Komise č. 267/2009, kterým se mění NK č. 1295/2008 (Altová, 2009).

Altová (2007) uvádí, že České republice se jako první zemi EU podařilo zaregistrovat zeměpisnou ochrannou známku Evropské unie – chráněné označení původu Žatecký chmel. Dne 8.května 2007 bylo vydáno nařízení Komise č. 503/2007 o zápisu určitých názvů do Rejstříku chráněných označení původu a chráněných zeměpisných označení mimo jiné i Žatecký chmel.

Evropská komise uděluje ochranné známky „chráněné označení původu“ (PDO) a „chráněné zeměpisné označení“ (PGI). První známka, kterou dostal Žatecký chmel, je přísnější, a to znamená, že všechny prvky podílející se na produktu musí pocházet z dané oblasti za použití uznávaného know-how. V druhém případě je postačující, když v dané oblasti probíhá alespoň jedna důležitá fáze výroby, zpracování či přípravy výrobku (obr. 2) (Altová, 2007).

Obr. 2: Chráněné zeměpisné označení PGI a Chráněné označení původu PDO.

(Altová, 2007)



2.4 Pěstování chmele v ČR na nízké konstrukci

2.4.1 Historie

V České republice se v polovině 90. let poprvé testovala možnost pěstování chmele na nízké konstrukci. V roce 1996 byl tento pokus ukončen. Testování bylo prováděno pouze na českých odrůdách Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ), Sládek a Premiant. Bohužel technologie včetně strojního vybavení nebyla do té doby, ani v průběhu pokusu téměř řešena. Ruční sklizeň v posledním roce sledování probíhala za vysokých nákladů. Po ukončení tohoto sledování se vedení českého chmelařství a výzkumu shodlo, že tato technologie nemá pro naše chmelařství perspektivu (Nesvadba, 2010).

Nízká konstrukce byla postavena v roce 1991 na účelovém hospodářství Stekník o výměře 6 ha. Na nízké i kontrolní vysoké konstrukci byla použita sadba následujících genotypů: Osvaldův klon 72, Sládek, Bor a Premiant. Ke každé rostlině byl stabilně přichycen mezi horním a dolním drátem vodící pozinkovaný drát o průměru 2 mm (Kořen, Rosa, 2008).

Autoři dále uvádějí, že řez, kultivace meziřadí, hnojení a ochrana chmele byly stejné jak u nízké tak vysoké konstrukce. Přiorávka chmelových řadů se prováděla pomocí disků maximálně do výše 15 cm. Zavádění chmelových výhonů se provádělo opakovaně na potřebný počet 4 výhony na chmelovodič, nadbytečně zavedené výhony se uřízly.

V roce 1991 a 1993 se uskutečnila strojová sklizeň zapůjčeným mobilním česacím strojem firmy Hop Union. Očesaná zelená hmota se dopravovala na stacionární česačku, kde se hlávky vytřídily. V roce 1994 až 1996 se chmel sklízel ručně – pazochy s chmelovými hlávkami se odřezávaly a ukládaly na chmelový návěs. Otrhaná zelená hmota se přechesávala a třídila na stacionární česačce. Zbylé révy se ručně ustříhaly a ponechaly se na vodícím drátě.

Nejnižší výnosy byly u genotypu Osvaldův klon 72 z důvodu vysokého nasazení plodonosných pazochů a řídké nasazení hlávek. U hybridních odrůd byly výsledky příznivější z hlediska nižšího nasazení plodonosných pazochů a mohutného habitu keřů. V porovnání s kontrolní vysokou konstrukcí je největší rozdíl ve výnosu u genotypů Osvaldův klon 72 a Bor (pouze 38 % a 36 %). Odrůdy Sládek a Premiant dosáhly 49–55 % vysoké konstrukce. Rozdíly v obsahu alfa kyselin mezi nízkou a vysokou konstrukcí byly neprůkazné (Kořen, Rosa, 2008).

2.4.2 Současnost

Podle Palána et al. (2010) byl v České republice hlavním motorem k návratu k opětovnému zkoušení a ověřování pěstování chmele na nízké konstrukci problém se zajišťováním pracovníků pro jarní práce ve chmelnicích, které vyvrcholily v letech 2005 až 2007. Nezanedbatelnou roli sehrála také skutečnost, že v devadesátých letech pokračoval vývoj česací technologie v závodě Mechanizace Chmelařství, družstva Žatec a byly zde vyrobeny první tuzemské stroje HUN-30 pro odběratele v Číně a USA, které vyřešily jednu z klíčových fází pěstování chmele na nízkých konstrukcích. K těmto převážně ekonomickým důvodům se bude zejména do budoucna přidávat zcela jiný fenomén a to požadavek na šetrnější využívání přírodních zdrojů a celková péče o životní prostředí

2.4.3 Výstavba nízké konstrukce

Jak uvádějí Palán et al. (2010), nejlépe vyhovují sloupky s průměrem 10 cm, vyšší průměr částečně negativně ovlivnil sklizeň mobilní česačkou. Ideální vzdálenost sloupů v řadu je 12 m, která umožnila dostatečné napnutí vrchního vodícího lana. Co je nutné dodržet, je manipulační prostor cca 10 m na čelech chmelnic, pro najíždění mobilní česačky do jednotlivých řad.

Nosná síť byla použita lisovaná polyetylenová síť s optimálními rozměry: výška 289 cm, oka 15x17 cm. Síť je stabilizovaná proti UV záření na 10 let. Ve spodní části sloupů cca 15 až 20 cm nad zemí byl natažen a přichycen drát o síle 3 až 4 mm, ke kterému se přichytí současně síť i kapková závlaha.

2.4.4 Agrotechnika

Oblast, ve které se u nás ještě stále experimentuje, je ošetřování chmele během vegetace. Výsazy prvním rokem zřejmě není nutné zpoždovat, ponechají se natočit všechny výhony. To však neplatí pro víceleté porosty, kde musí být realizována a stanovena vhodná forma a vhodný termín opožďování růstu chmelových výhonů. Způsobů je hodně od chemických po mechanické, ale tato problematika není zcela dořešena. Na nízkých konstrukcích s více zahuštěným porostem bude vyžadována odlišná aplikace ochranných prostředků, avšak lze předpokládat úsporu chemikálií díky upraveným konstrukcím postřikovačů (Palán et al., 2010).

Autoři dále uvádějí, že vhodným způsobem zpracování půdy v meziřadí je do roviny, tj. kultivace bez priorávky. Tomu je nutné uzpůsobit systém kypření, zúrodnování i desikace. V prvním roce je ochrana proti chorobám a škůdcům stejná jako u vysokých porostů, druhým rokem při plném zapojení porostu byla náročnější ochrana zejména proti peronospoře. Uvnitř porostů existuje vlhké mikroklima s ideálními podmínkami pro její šíření. Rychleji však umí běžet do vrchních pater i sviluška. Pro sklizeň chmele je k dispozici mobilní česací stroj HUN-30 z produkce závodu Mechanizace, Chmelařství, družstva Žatec. Stroj je plně funkční, ale chybí doladit jen řízení vertikální polohy stroje v kontrolovaném zorném poli řidiče. Co je pro bezztrátovou sklizeň asi rozhodující je pojezdová rychlost traktoru do 1 km.s^{-1} , vývodová hřídel s výstupními otáčkami 1000 ot.min^{-1} a pokud možno rovný povrch bez nerovností v meziřadí. Výkon se pohybuje okolo 2 sklizených hektarů za den (Palán et al., 2010).

Doprava načesaného chmele je řešena upravenými krmnými vozy. Separace očesaného chmele probíhala na stávajících modernizovaných česačkách LČCH-2 a LČCH-6. Kvalita čistého produktu i ztráta obsažené v odpadu vykazaly velmi dobré výsledky a není tudíž nutné investovat do nové separační technologie (Palán et al., 2010).

2.4.5 Výnos a kvalita chmele na nízké konstrukci

Nejvyššího výnosu po prvním roce pěstování na Účelovém hospodářství Stekník, viz tab. 3, dosáhla odrůda Sládek ($1,68 \text{ t.ha}^{-1}$), následovaly odrůdy Agnus a Vital s výnosem 1,48, respektive $1,43 \text{ t.ha}^{-1}$. Poslední odrůdou s výnosem nad jednu tunu z hektaru ($1,38 \text{ t.ha}^{-1}$) bylo NŠ 4237. ŽPČ, Premiant a First Gold se již přes 1 t.ha^{-1} nedostaly (Ježek, 2010).

Tab. 3: Výnos a kvalita chmele sklizeného česačkou HUN-30 (Ježek, 2010)

Odrůda	Spon (cm)	Hmotnost zeleného chmele z 34 sloupových polí (kg)	Přepočet		Průměrný obsah alfa kyseliny (%)
			Počet rostlin (ks.ha^{-1})	Výnos (t.ha^{-1})	
First Gold	300x75	229,4	4444	0,66	9,96
Premiant	300x75	332,0	4444	0,96	12,03
Sládek	300x75	579,5	4444	1,68	11,80

Pro srovnání dosáhly odrůdy Sládek o 7,7 % a Premiant o 30,4 % nižší výnos než na kontrolní vysoké konstrukci. Naopak genotypy Agnus a ŽPČ dosáhly výnosu vyššího a to o

46,5 % resp. 14,1 %. Pro odrůdy Vital, First Gold a NŠ 4237 nebyla srovnávací varianta (Ježek, 2010).

**Tab. 4: Výnos a kvalita chmele sklizeného ručně
(Ježek, 2010)**

Odrůda	Spon (cm)	Hmotnost zeleného chmele z 1 sloupového pole (kg)	Přepočet		Průměrný obsah alfa kyseliny (%)
			Počet rostlin (ks/ha)	Výnos (t/ha)	
ŽPC	300x75	9,05	4444	0,89	6,73
Agnus	300x75	15,0	4444	1,48	14,37
Vital	300x75	14,5	4444	1,43	17,67
NŠ 4237	300x75	14,0	4444	1,38	5,94

Z tabulky 4 je patrné že v obsahu alfa kyselin byla, jinak výnosově nejlepší odrůda Sládek, s obsahem 11,8 % až na čtvrtém místě za Vitalem (17,67 %), Agnusem (14,37 %) a Premiantem (12,03 %). Nejnížší obsah alfa kyselin byl stanoven u genotypu ŽPČ, kdy obsah alfa kyselin byl ve výši 6,73 %. Odrůda Agnus vykazovala naproti vysokému výnosu obsah alfa kyselin o 4,2 % nižší než na kontrolní vysoké konstrukci. Naopak zvýšení bylo zaznamenáno u odrůdy Premiant (1,34 %) a ŽPČ (10,7 %), jak dokumentuje práce Ježka (2010).

2.4.6 Šlechtění nových odrůd pro nízké konstrukce

Cílené šlechtění pro nízké konstrukce bylo zahájeno před 5 lety. Základem šlechtění je testace jak rodičovských komponentů pro křížení, tak i získaného šlechtitelského materiálu na odolnost k houbovým chorobám. V roce 2009 se testovalo celkem 1767 nových genotypů chmele, které byly získány v rámci 9 křížení (určené výhradně pro výběr odolných genotypů touto metodou). Tři křížení na anglických odrůdách byla realizována i v rámci šlechtění chmele na nízké konstrukce. Potomstva byla hodnocena metodou rychlého screeningu a to hodnocení silně poškozených rostlin (senzitivní) a s nepatrným výskytem příznaků až bez příznaků této choroby (tolerantní). Potomstva po odrůdě Admirál mají v potomstvu 66 % senzitivních genotypů a Pioneer mají 63 % senzitivních genotypů. Nejnížší podíl senzitivních genotypů v potomstvu, a to 55 %, je po odrůdě First Gold. Tento poznatek je velmi důležitý, protože odrůda First Gold se v současné době nejvíce využívá pro šlechtění na nízké konstrukce. Z

výsledků je patrné, že anglické šlechtění je více preferováno na odolnost k padlí chmelovému, než v jiných evropských zemích. V rámci šlechtění chmele na nízkou konstrukci se v roce 2009 získalo 32 nadějných genotypů chmele z potomstev Sm09. Tyto rostliny byly vysazeny do hybridní školky kmenových matek pro nízké konstrukce (HŠKMNK). Jako standardní odrůda byla vybrána anglická odrůda First Gold. Je patrné, že řada genotypů vykazuje výrazně vyšší obsah alfa hořkých kyselin než First Gold. Dle obsahu beta kyselin je zřejmé, že žádný genotyp nesplňuje aromatické parametry. V rámci šlechtění na nízkou konstrukci bylo ze semenáčů Sm08 (po dvouletém hodnocení) získáno celkem 14 genotypů. Genotyp 5282 je velmi perspektivní pro své aromatické vlastnosti. Genotyp 5285 vykazuje velmi vysoký obsah alfa kyselin (15,2 %). Genotypy byly vysazeny společně s výběry Sm09 (výběry též pro nízkou konstrukci) do šlechtitelské nízké konstrukce (výška 3 m – klasická nízká konstrukce). Zde jsou rostliny vysazeny výhradně k drátkům (nepoužívá se síť), aby bylo možné stanovit výnos každého genotypu odděleně. Sklizeň se provádí ručním strháváním a jednotlivé rostliny jsou strojově česány (Wolf), aby byly všechny výsledky šlechtitelského materiálu porovnatelné (shodné ztráty při sklizni). Jako standardní odrůda byla do této chmelnice vysazena anglická odrůda First Gold. Pro šlechtitelské účely bude tato školka označena HŠKMNK (hybridní školka kmenových matek pro nízké konstrukce). Současné české odrůdy mají vzdálenost internodií 25 až 35 cm. Genotypy pro nízkou konstrukci jsou charakteristické především nižším vzrůstem a krátkými internodiemi, které jsou ve vzdálenosti 8 až 12 cm. Tyto znaky jsou preferovány pro tvorbu odrůd pro pěstování na nízkých konstrukcích. Samozřejmě, že všechny genotypy byly vybrány dle dalších základních šlechtitelských kritérií (odolnost k houbovým chorobám, vitalita, nasazení hlávek, tvar a pevnost hlávek atd.). Získané genotypy vykazují parametry hořkých až vysokoobsažných chmelů. To je dáno tím, že pro základní šlechtění jsou použity anglické genotypy, které přenášejí nízký vzrůst na potomstva. Bohužel, tyto genotypy nejsou aromatického typu. Od roku 2010 je tvorba šlechtitelského materiálu více zaměřena na aromatické typy (Nesvadba, 2010).

2.4.7 Ekonomické zhodnocení

Při pěstování chmele na nízké konstrukci je reálná možnost snížit potřebu pracovních sil na 1 ha chmelnice až o 348 hodin. Toto snížení je zvláště významné při současném nedostatku brigádníků na zabezpečení jarních prací. Významná je možnost úspory materiálových nákladů na drátek (400-450 kg.ha⁻¹), polypropylenového motouzu na svazky

(6-7 kg.ha⁻¹) a úspory 67 litrů PHM na hektar. Aby byla dosažena rentabilita pěstování chmele na nízké konstrukci, je zapotřebí dosáhnout výnos 1,2-1,4 t.ha⁻¹ (Kořen, Rosa, 2008).

**Tab. 5: Náklady na výstavbu 1ha nízké konstrukce v Kč
(Vent, 2010)**

Příprava a rozměření	10.000-12.000
Sloupy	50.000-70.000
Sít'	30.000-33.000
Drát	10.000-15.000
Kotvy	8.000-10.000
Práce a drobný materiál	70.000-80.000
Kapková závlaha	50.000
Sadba	90.000
CELKEM	318.000-360.000

Podle Kořena a Rosy (2008) je na výstavbu nízké konstrukce zapotřebí větší množství materiálu na sloupy (v závislosti na materiálu až o 1/3 vyšší oproti tradiční konstrukci). Zvýšené náklady vznikají i při samotné výstavbě kotvením sloupů a ukotvením každého řadu (Tab 5)

**Tab. 6: Provozní náklady na 1 ha nízké konstrukce v Kč
(Vent, 2010)**

Kultivace a hnojení	8.000-10.000
Ochrana	18.000-20.000
Sklizeň	30.000-35.000
Odpisy česacího stroje (při 20ha na 8 let)	15.000
Odpisy konstrukce a porostu (10 let)	33.000
CELKEM	104.000-113.000

Snížení provozních nákladů oproti vysoké konstrukci, jak dokumentuje tab. 6 vzniká úsporou materiálu, náklady na drátek, polypropylenový motouz a snížení potřeby postřiků až o jednu třetinu. Zvýšené náklady při agrotechnice vznikají širším uplatněním herbicidů (řez, defoliace), dále vyšší energetickou náročností při sklizni chmele (Kořen, Rosa, 2008).

Nejmarkantnější je úspora pracovních sil, kdy na 1 ha odpadá:

- příprava svazků drátů - 50 hod,
- zavěšování chmelovodičů – 24 hod,
- zapichování chmelovodičů – 75 hod,
- zavádění výhonů – 165 hod,
- zavádění odkloněných výhonů – 24 hod,
- věšení spadlých rév – 10 hod,

Dále registrujeme úsporu pohonných hmot na 1 ha:

- podzimní orba – 13 l,
- řez chmele – 24 l,
- zavěšování chmelovodičů – 8 l,
- kultivace – 14 l,
- čištění konstrukce – 8 l,

2.5 Pěstování chmele ve světě na nízké konstrukci

2.5.1 SRN

Nízká konstrukce zde byla postavena v roce 1998 ve chmelařské oblasti Hallertau. Vysázeny byly jak tradiční německé odrůdy (Perle, Hallertau tradition, Magnum, Taurus) tak odrůdy pro nízkou konstrukci (First Gold, Herold, Pioneer). Ke každé rostlině byly stabilně přichyceny 2 drátky zavedené po 2-3 révách.

Tradiční metoda obdělávání uplatňuje řez a kultivaci meziřadí včetně orby a priorávky. Řez se provádí speciálně vyvinutou řezačkou. Bezokultivační metody postrádají řez a kultivaci. Výhodou je úspora práce, ale značně se zde šíří peronospora, padlí a plevel.

Sklizeň probíhá mobilním česacím strojem, separace chmelových hlávek se provádí na stacionární česačce chmele.

Tradiční odrůdy mají výnos mírně pod 1 t.ha⁻¹, což je nedostačující na pokrytí fixních nákladů. U odrůdy Pioneer dosahoval výnos cca 1,5 t.ha⁻¹, což je na hranici rentability (Kořen, Rosa, 2008).

2.5.2 Bulharsko

Kořen a Rosa (2008) uvádějí, že chmel je zde pěstován v Čepinské dolině v blízkosti měst Velingrad a Rokitovo. Z celkové výměry chmelnic 220 ha je 96 ha pěstováno na 3 m konstrukci s odrůdami Cascade Nugget. Ke každé rostlině je zavěšován polypropylenový motouz, na který se zavádí 3 výhony.

Agrotechnické zásahy a ochrana se provádí stejným způsobem jako na vysoké konstrukci.

Sklizeň se provádí mobilní česačkou z USA od firmy Hop Union a hlávky se separují na stacionární česačce. Dosahovaný výnos je u nízkých konstrukcí 0,8-1,0 t.ha⁻¹ a u vysokých konstrukcí 1,5-2,0 t.ha⁻¹.

2.5.3 Velká Británie

Používá se tradiční odrůda First Gold (1996), dále speciální odrůdy pro nízkou konstrukci Pioneer (1996), Herold (1996), Pilot (2001), Boadicea (2004), Sovereign (2006). Výška konstrukce je 2 – 3,1 m a chmel je veden po síti z umělé hmoty s velikostí ok 15x15 cm. Tradiční řez je nahrazen aplikací herbicidů a ruční zavádění výhonů se neprovádí. Kultivace meziřadí také neprovádí, pouze chemické hubení plevelů pomocí herbicidů včetně defoliace spodního patra. Ochrana proti chorobám a škůdcům se provádí jako na vysoké konstrukci. Sklizeň se provádí mobilní česačkou. Výnos a kvalitu sklizeného chmele se nepodařilo zjistit (Kořen, Rosa, 2008).

2.5.4 USA

V USA bylo v rámci projektu na 6 ha zkoušeno 5 odrůd, CTZ (Columbus, Tomahavk, Zeus), Nugget, Galena, Willamete, Cascade a dále 3 šíře mezičasí (2,43 m, 2,84 m, 3,65 m).

Révy se pnou po síti na konstrukci o výšce 3,1 m. Cílem projektu byla redukce pracovních nákladů, sklizňové mechanizace a zvýšení efektivity postřiků. Sklizeň se prováděla mobilní česačkou na nízké konstrukce, hlávky byly separovány na stacionární česače.

Ve druhém roce pěstování dosáhla nejvyššího výnosu (spon 2,4 m) odrůda CTZ (2,575 t.ha⁻¹) dále Cascade (1,704 t.ha⁻¹), Nugget (0,851 t.ha⁻¹) a nejnižšího Willamette (0,672 t.ha⁻¹). (Kořen, Rosa, 2008)

2.6 Fyziologické charakteristiky

2.6.1 Fotosyntéza chmele

Vent et al.(1963) konstatují, že fotosyntéza je základním procesem, kterým každá rostlina získává organické látky pro svůj růst a veškeré životní procesy vůbec. Intenzita fotosyntézy je závislá na mnoha faktorech prostředí i na vnitřních stavech rostliny. Z vnějších podmínek přicházejí především v úvahu množství a kvalita světla, teplota, obsah CO₂, ve vzduchu, přísun potřebných minerálních látek aj.

Při fotosyntéze je energie záření absorbována a přeměňována na energii chemických vazeb; každému molu přijatého oxidu uhličitého odpovídá zisk potencionální energie rovnající se 477 kJ. Fotosyntéza zahrnuje fotochemické procesy, které probíhají za přítomnosti světla, enzymatické procesy nevyžadující světlo a procesy difúze, které umožňují výměnu oxidu uhličitého a kyslíku mezi chloroplasty a vnějším vzduchem (Larcher, 1988).

Produkty fotosyntézy jsou nezbytné pro zabezpečení energie, nutné k příjmu většiny minerálních živin a musí vyprodukovat i dostatek skeletů uhlíku pro zabudování živin do metabolicky aktivních, stavebních nebo rezervních struktur a látek (Nátr, 1998).

Jak uvádí Kubišta (1987) procesy fotosyntézy lze rozdělit na primární, zahrnující děje bezprostředně závislé na světle a sekundární, které na světle bezprostředně závislé nejsou.

Primární procesy fotosyntézy zahrnují absorpci světla a využití takto získané energie pro přenos elektronů z elektro pozitivní soustavy voda – kyslík na elektronegativní soustavu koenzymu (Nátr, 1998).

V sekundárních procesech fotosyntézy dochází k fixaci CO₂ do organických sloučenin za vzniku karboxylových skupin a k redukci karboxylových skupin redukováním koenzymem na skupiny aldehydové. K tomu je zapotřebí energie ATP. Redukovaný koenzym i ATP je dodáván světelnou fází fotosyntézy (Nátr, 1998).

Molekuly CO₂ jsou difundovány ze vzduchu obklopujícího list a procházejí nejprve tenkou vrstvičkou téměř nehybného vzduchu těsně při povrchu listu, překonávají tedy odpor této tzv. hraniční vrstvy, dále procházejí průduchy a intercelulárami a nakonec pronikají stěnou buněk, plazmalemou, cytozolem, membránami chloroplastů až do vlastního místa karboxylace (Nátr, 1998).

Význam fotosyntetického procesu lze shrnout na základě konstatování Kostreje (1992). Tento autor uvádí, že fotosyntéza jako donor asimilátů je začátkem a růst jako akceptor asimilátů je koncem. Výsledkem tohoto procesu je produkce organické hmoty a tvorba hospodářského výnosu.

Rybáček et al. (1980) dodává, že celá nadzemní soustava chmelových rostlin je přizpůsobena na intenzivní průběh fotosyntézy tím, že všechny nadzemní orgány kromě plodu (pecek) jsou uzpůsobeny pro fotosyntetické pochody.

Rostlina chmele má ze všech víceletých rostlin vytvářejících každoročně nadzemní orgány největší plochu listovou, viz tab. 7. Asimilačním orgánem jsou i hlávky chmele, neboť pravé a krycí listy jsou vlastně zjemnělé metamorfované listy, jejichž úzký mezenchym obsahuje buňky s chloroplasty. Do jaké míry se uplatňuje intenzita fotosyntézy hlávek (jejichž povrch činí asi 4 m²) na celkové fotosyntéze rostliny, nebylo zatím zkoumáno, lze však předpokládat, že v době dozrávání hlávek je důležitá (Vent et al., 1963).

Tab.7: Celková asimilační plocha orgánů chmele
(Vent, 1963)

	25. června	17. srpna
Plocha listů	3,834	4,630
Plocha lodyhy	0,360	0,430
Plocha pazochů	0,372	0,470
Plocha řapíků	0,027	0,039
Plocha hlávek		4,170
Celkem	4,593	9,739

Rybáček et al. (1980) uvádí, že hlavními orgány fotosyntézy jsou révové a pazochové listy. Na jejich vlastnostech pak zejména závisí produktivita fotosyntézy, která je bilancí fotosyntézy a dýchání. Označuje se jako čistý výkon fotosyntézy (NAR). Charakteristickými znaky listu s vysokou fotosyntetickou aktivitou jsou velký počet průduchů, hustá žilnatina a vícevrstevný palisádový parenchym. U chmelových listů jsou splněny první dva předpoklady. Počet průduchu na 1 cm² listové plochy je asi čtyřnásobně vyšší než u cukrovky. Také větvení

listové žilnatiny je velmi husté, pouze palisádový parenchym je jednovrstevný. Z vnitřních vlastností listu je velmi důležitá zejména kvalita plastidových barviv. Vnitřní vlastnosti se mění s věkem listu, takže za souhrnný ukazatel jejich změn můžeme považovat změny biologického věku listu .

Horní pokožka listu chmele je prakticky bez průduchů, kdežto ve spodní pokožce je jich na 1 mm² plochy listové asi 400. U většiny našich kulturních rostlin je počet průduchů v listech menší (u cukrovky v průměru jen 120 průduchů na 1 mm²). Průměrná délka průduchu je 20-23 μm, šířka otevřené dýchací štěrbiny 4-5 μm. Na ploše průměrného listu chmele (86 cm²) jsou zhruba 3 milióny průduchů. To svědčí o tom, že listy chmele mají velmi intenzivní výměnu látkovou s okolním prostředím, a tedy i čilý metabolismus (Vent et al, 1963).

Snahou pěstitelů je podle Venta et al. (1963) hledat způsoby, jak dosáhnout zvýšení intenzity fotosyntézy, a tím i zvýšení výnosů u chmele. Hlavní cesty vedoucí ke zvýšení intenzity fotosyntézy u chmele jsou tyto:

a) Volba takového sponu, který by dovozoval co největší přístup světla k největšímu počtu listů a hlávek. K tomu směřuje způsob pěstování chmelu v širokých sponech a různé způsoby vedení révy.

b) Při šlechtění chmele vybírat takové jedince, kteří by měli kromě jiných hospodářsky důležitých vlastností i vhodně rozestavěné pazochy a listy, takže by mohli využít co nejvíce světla.

c) Zabezpečit správným hnojením rostlin chmelu dostatek všech potřebných makroelementů i mikroelementů k harmonické výživě.

2.6.2 Transpirace

Podle Procházky et al. (1998) jsou při studiu většiny fyziologických problémů vyžadovány znalosti jak rychlosti transpirace, tak i toku CO₂, do rostliny. Proto se vyrábějí a používají přístroje a měřicí systémy, které umožňují současná měření transpirace a rychlosti čisté fotosyntézy.

Jůva et al. (1981) uvádí, že výpar vody se u jednotlivých rostlin značně různí, a to podle jejich vývojového stavu, teploty a vlhkosti ovzduší, poměrů větru, druhu a koncentrace živin v půdním roztoku aj. Procházka et al. (1998) dodává, že list zdravé rostliny v optimálních podmínkách může odpařit za 20 – 60 min. tolik vody kolik sám váží. Přitom stačí většinou

snížení obsahu vody v listu na 60 % k tomu, aby se nenávratně poškodily životně důležité struktury (integrita membrán v buňce) a nastala smrt.

Podle Jůvy et al. (1981) úrodné půdy bohaté na živiny snižují hodnotu transpiračního součinitele proti chudým půdám 1,5–2krát. Stejně prospěšně působí plné hnojení, které podporuje vývin kořenů, a tím zlepšuje i využívání půdní vláhy.

Jak uvádí ve své práci Kincl a Krpeš (2006), rozlišujeme dvojí transpiraci: stomatární, kdy se voda z listu do prostředí uvolňuje ve formě par difúzí přes skuliny průduchů, a kutikulární, u níž jde o odpařování vody celým povrchem listů přes kutikulu. Kutikulární transpirace je zpravidla nižší než 10 % celkové transpirace listu. Má význam jen u rostlin s tenkou kutikulou. Stomatární transpirace je narozdíl od kutikulární regulovatelná otevíráním a zavíráním průduchů. Příčinou transpirace je negativní pokles (gradientu vodního potenciálu mezi transpirujícím povrchem listu a k němu přilehlou vrstvou vzduchu se značným deficitem vodní páry). Při transpiraci je pak třeba vidět fyzikální složku transpirace, ovlivňovanou fyziologickým stavem transpirujícího listu či i biologickou složku transpirace.

Průduchy mají rostlině umožňovat chod fotosyntézy a udržet příznivou vodní bilanci. (Procházka et al., 1998).

Kincl a Krpeš (2006) dodávají, že světlo působí přímo na svěrací buňky průduchu. Nejúčinnější je modré záření, jehož receptor je patrně ve svěracích buňkách. Modré záření spektra indukuje ve svěracích buňkách průduchů otevření iontových pump pro tok iontů K^+ do svěracích buněk a výtok protonů. Dochází k aktivizaci některých genů a k tvorbě nových proteinů, jakož i k aktivaci tzv. G-proteinů, tj. proteinů vážících a hydrolyzujících guanozintrifosfát (GTP). Přebytek vody vede k otevírání průduchů. Při vodním deficitu se průduchy zavírají. Nízký obsah CO_2 vede k otevírání a vyšší obsah k zavírání průduchů. „Čidlo“ na CO_2 rostlina uvnitř listu. Udržuje v listu potřebnou koncentraci CO_2 pro fotosyntézu. Teplota nad 25 °C vede zpravidla k uzavírání průduchů. Fytohormonální regulace ABA (kyselina abscisová), jejíž obsah mohou vadnoucí rostliny zvýšit až 40krát. ABA se podílí na zavírání průduchů za vodního deficitu rostliny a prosazuje se jako primární faktor určující uzavření průduchů.

2.6.3 Stomatální vodivost

Nedostatek vody u vyšších rostlin ovlivňuje v první řadě průduchy, jejichž uzavíráním zpomaluje výměnu CO_2 a dochází k omezení fotosyntézy. Rostlina na nedostatek vody reaguje tvorbou celé řady látek, které zvyšují osmotický tlak v buňkách, zejména se zvyšuje

koncentrace kyseliny abscisové (ABA). Zvyšující se koncentrace ABA má za následek zavírání průduchů rostlin a to omezuje výměnu plynů (kyslík a oxid uhličitý) a tím snižuje rychlost fotosyntézy i dýchání. V případě, že v humidních oblastech není k dispozici dostatek srážek, počínají rostliny omezovat otevírání průduchů a zkracují i dobu jejich otevření (Bláha a kol., 2003).

Aby probíhala fotosyntetická fixace CO_2 , musí být stálý a dostatečný přísun CO_2 do listu difusí z vnější atmosféry přes průduchové póry, mezibuněčné prostory, buněčné stěny mezofylu, plazmalemu, cytoplazmu, membránu chloroplastů a stroma. Každá část difusní dráhy klade transportu CO_2 určitý odpor, z nichž největší a nejvíce proměnný představují průduchy. Vodivost průduchů je tedy mírou dostupnosti CO_2 pro biochemický a fotochemický aparát fotosyntézy a reguluje jeho tok právě podle koncentrace uvnitř listu. Průduchová vodivost, koncentrace CO_2 uvnitř listu a rychlost fotosyntézy jsou tři parametry, z kterých se dá usuzovat na to, zda a do jaké míry je rychlost fotosyntézy v dané chvíli limitována uzavřením průduchů a do jaké míry ostatními faktory (Šantrůček, In Procházka et al., 1998).

Uzavření průduchů v první fázi dehydratace je efektivním mechanismem udržujícím vodu v listech a současně umožňujícím pokračování fotosyntézy. Pokračující dehydratace však vede k celkovému uzavření průduchů a snížení fotosyntetické asimilace CO_2 a na úroveň „kompenzačního bodu“ (Brestič, Olšovská, 2001).

„Kompenzační bod“ při rovnováze výměny plynů lze definovat jako stav, kdy se koncentrace CO_2 v podprůduchové dutině a v mezibuněčném vzduchu rovná koncentraci CO_2 ve vnějším vzduchu. V tomto stavu vůbec neprobíhá výměna plynů, přestože průduchy mohou být zcela otevřeny (Larcher, 1988).

3. Cíle

Nezbytným předpokladem úspěšného pěstování chmele na nízké konstrukci je pochopení fyziologických zákonitostí tvorby výnosu a utváření porostu. Významnou výhodou tohoto způsobu pěstování chmelových rostlin je z hlediska fyziologického zachování části fotosyntetického aparátu rostlin do ukončení vegetace, čímž je umožněn transport vzniklých asimilátů do vytrvalé části chmelové rostliny. Tvorba asimilátů takto pokračuje až do skončení vegetace rostlin v důsledku přirozeného stárnutí listů. Výhodou nízké konstrukce z fyziologického hlediska je také vyšší pronikání slunečního záření do porostu, kdy rostliny nejsou stíněny, a tím dochází k lepšímu využití dopadajícího slunečního záření listy.

Cílem předkládané práce je zjistit fyziologickou odezvu vybraných genotypů chmele v závislosti na pěstování na nízké konstrukci a jejich srovnání s rostlinami pěstovanými na vysoké konstrukci, neboť uvedenou problematikou se doposud nikdo nezabýval. Jako modelovou rostlinou byly použity vybrané genotypy chmele, šlechtěné pro nízkou a vysokou konstrukci.

Byly stanoveny následující hypotézy:

1. existuje genotypový rozdíl v hodnotách vodivosti průduchů, rychlosti fotosyntézy a transpirace v závislosti na technologii pěstování;
2. existuje genotypový rozdíl v utváření habitu chmelových rostlin v závislosti na technologii pěstování.

4. Metodika

4.1 Charakteristika oblasti

4.1.1 Rajonizace

K řešení diplomové práce bylo zvoleno pokusné stanoviště účelového hospodářství Chmelařského institutu s.r.o ve Stekníku v Ústeckém kraji.

Toto stanoviště lze s přihlédnutím k jeho přírodním podmínkám zařadit do III.zóny vhodnosti pěstování chmele. Tato zóna zahrnuje části chmelařských oblastí, ve kterých jsou poněkud zhoršeny podmínky pro pěstování jemných, v kvalitě nejlépe hodnocených chmelů. (Zelenka, Sachl, 1961). Autoři dále dodávají, že chmele produkované v této zóně jsou středně kvalitní. Hlávky jsou delší, s hrubým vřetenkem a nižší hustotě. Vůně je typická pro naše chmele, ale ne tak jemná, v ojedinělých případech ostřejší.

4.1.2 Výrobní oblast

Zemědělská výrobní oblast: řepařská,

Zemědělská výrobní podoblast: typ řepařsko-obilnářský,

Zemědělská výrobní podoblast: podtyp R2.

4.1.3 Topografická charakteristika

Název sídla: Chmelařský institut s.r.o. Žatec,

Účelové hospodářství Stekník,

Nadmořská výška: 200 m,

Okres: Louny,

Kraj: Ústecký,

Reliéf terénu: Údolí řeky Ohře a potoka Blanky,

Rovina a mírně zvlněné polohy.

4.1.4 Pedologická charakteristika

Matečná hornina: permského původu,

Půdní druh: písčitohlinitá až jílovitohlinitá,

Půdní typ: hnědozem,

Obsah humusu: 2,5 - 3,5 %,

pH: 6,2 – 7,

Objemová hmotnost: 1,5 - 1,6 g.m⁻³,

Srážkový normál: 400 - 450 mm (za vegetací 250 - 300 mm),

Průměrná roční teplota: 9 °C,

Maximální kapilární kapacita (% objemu) 37 – 40.

Náplavové půdy rovinných částí obou břehů Ohře jsou tvořeny lehkými písčítými až hlinito-písčítými zeminami. Mají hluboký profil, vysokou humóznost a stálou, snadno dosažitelnou hladinu spodní vody. Časté kalové proplástky činí i poněkud šterkovitější půdu

využitelnou pro chmelnice. Jemná vrstva usazených kalů je dobrým hnojivem. Tyto půdy jsou mimořádně příznivé růstu chmelových rostlin, obzvláště jejich asimilačních orgánů. Podobné půdní poměry jsou též ve II. Zóně Ústěcké chmelařské oblasti na říčních náplavech.

(Slánský et al.,1970).

4.1.5 Klimatická charakteristika

Klimatická oblast: teplá oblast,

Klimatický okrsek: TI - teplý, suchý.

4.2 Charakteristika pokusného materiálu

V roce 2009 byly měřeny vybrané fyziologické charakteristiky u vybraných genotypů chmele pěstovaných na nízké konstrukci a vysoké konstrukci. Chmelové rostliny byly vysazeny v roce 2008 na Účelovém hospodářství Chmelařského institutu, s. r. o. ve Stekníku. Jako pokusný materiál byly použity rostliny chmele otáčivého (*Humulus lupulus* L.), odrůdy First Gold, Premiant, Sládek, Agnus a Harmonie, jejichž charakteristika je uvedena v kapitole 2.1.4.

4.3 Průběh počasí za vegetaci v roce 2009

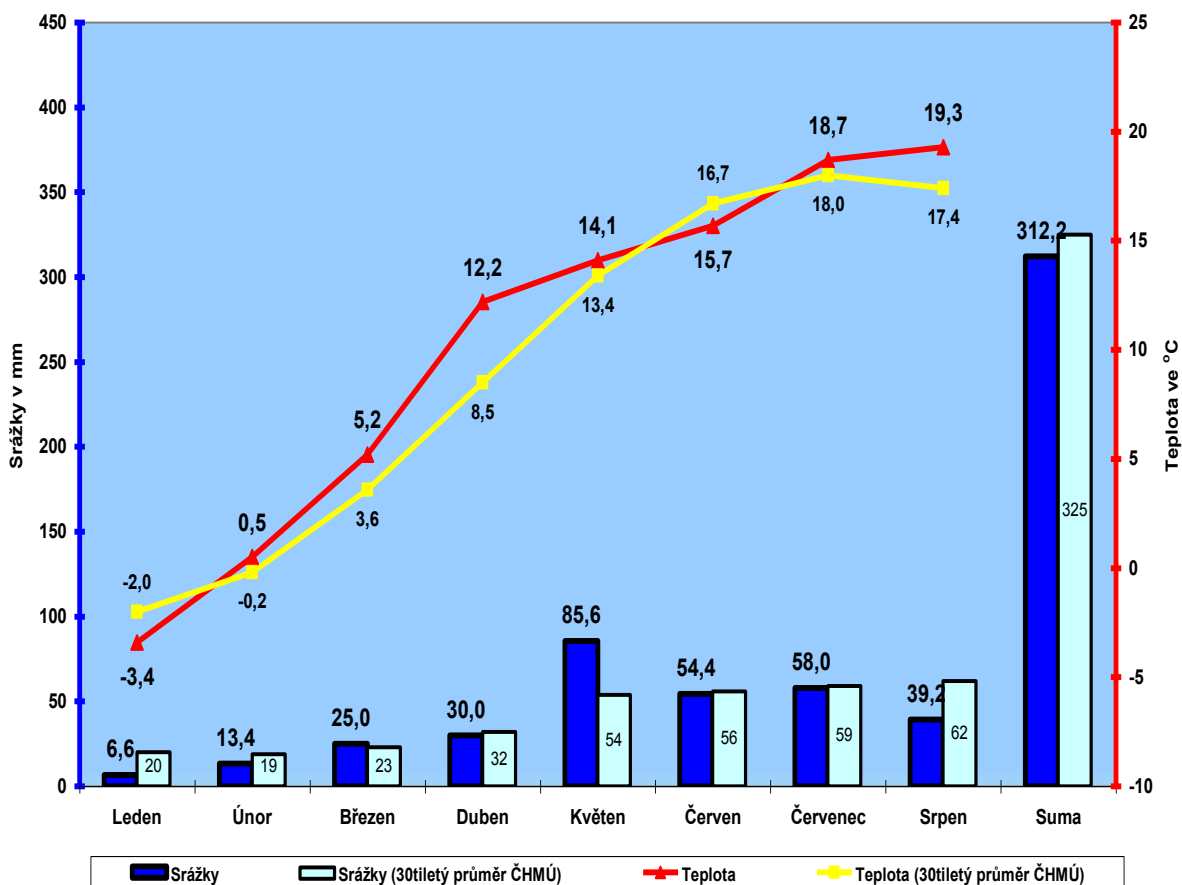
Jak je zřejmé z grafu 1, byla průměrná měsíční teplota po celou vegetaci chmele vyšší než je dlouhodobý průměr. Výjimku tvoří měsíc červen, kdy se průměrná teplota dostala pouze na 15,7 °C. Nejvyšší nárůst byl v měsíci dubnu (3,7 °C) a srpnu (1,9 °C).

V případě přirozených srážek je možné konstatovat, že oproti teplotě mají trend zcela opačný. Sušší byl leden (-13,4 mm), únor (-5,6 mm), duben (-2 mm), červen (-1 mm) a srpen (-22,8 mm). Naopak v květnu spadlo o 31,6 mm a v březnu o 2 mm více srážek než udává dlouhodobý normál.

Do 22.5. kdy proběhlo první měření spadlo na chmelnici od začátku roku 128,9 mm srážek a za poslední týden byly 4 suché dny. Do 2. termínu měření (19.6.) od předchozího 126.5 mm srážek, z toho 22,6 mm za poslední týden. Do 3. termínu (10.7.) měření napršelo 63,2 mm. Do 14.7. spadlo 4,2 mm a byly 2 suché dny. Do dalšího termínu (23.7.) napršelo během 5 dnů 42,4 mm srážek, zbylé dny byly suché. K 29.7. jsme zaznamenaly dalších 9,4

mm a 4 suché dny. Do předposledního termínu (5.8.) napršelo 22,3 mm sice srážek, ale bylo 6 suchých dní. Na posledním měření bylo zaznamenáno 5,4 mm srážek a 4 suché dny ze 6.

Graf 1: Průběh počasí v roce 2009
(automatická meteostanice Chmelařského institutu s. r. o. v Žatci)



4.4. Založení pokusu a vegetační pozorování

Polní pokus se uskutečnil na pokusných chmelnicích Chmelařského institutu, s.r.o. Žatec. Na rostlinách chmele pěstovaného na nízké a klasické konstrukci se v hlavních ontogenetických fázích uskutečnilo měření fyziologických charakteristik. Vzhledem k vývoji vegetace se uskutečnilo pouze 8 měření místo plánovaných 9. Na celistvých rostlinách chmele se měřila gazometricky rychlost fotosyntézy, transpirace a stomatální vodivosti. Výměna plynů se měřila na révových listech. U rostlin se dále sledovalo utváření habitu chmelových rostlin. Vybrané fyziologické charakteristiky byly měřeny v následujících termínech: 22.5. (1.

termín); 19.6. (2. termín); 10.7. (3. termín); 14.7. (4. termín); 23.7. (5. termín); 29.7. (6. termín); 5.8. (7. termín); 11.8. (8. termín).

V polních podmínkách byla rychlost fotosyntézy a transpirace vždy měřena ve stejném časovém úseku dne, tedy od 8:00 do 11:00 h. Měření v těchto hodinách odpovídá dennímu průběhu fotosyntézy a transpirace. V našich zeměpisných šířkách jsou v dopoledních hodinách průduchy otevřené, k jejich částečnému či úplnému uzavření dochází v poledních a odpoledních hodinách. Průduchy se opět otevírají v podvečer, ale maximum např. stomatální transpirace již nedosahuje dopoledních hodnot. Aby nedocházelo ke zkreslení výsledků vlivem změn teploty a ozáření byly sledované rostliny měřeny vždy v různých hodinách, tak, aby byl pokryt celý časový interval měření.

4.5. Stanovení rychlosti fotosyntézy a transpirace

Okamžitou rychlost fotosyntézy a transpirace jsme měřili gazometricky v otevřeném systému komerčním přístrojem LCA-4 v chmelnici (obr. 3) při intenzitě ozáření $600 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a teplotě $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ na révových listech třech rostlin od každého genotypu .

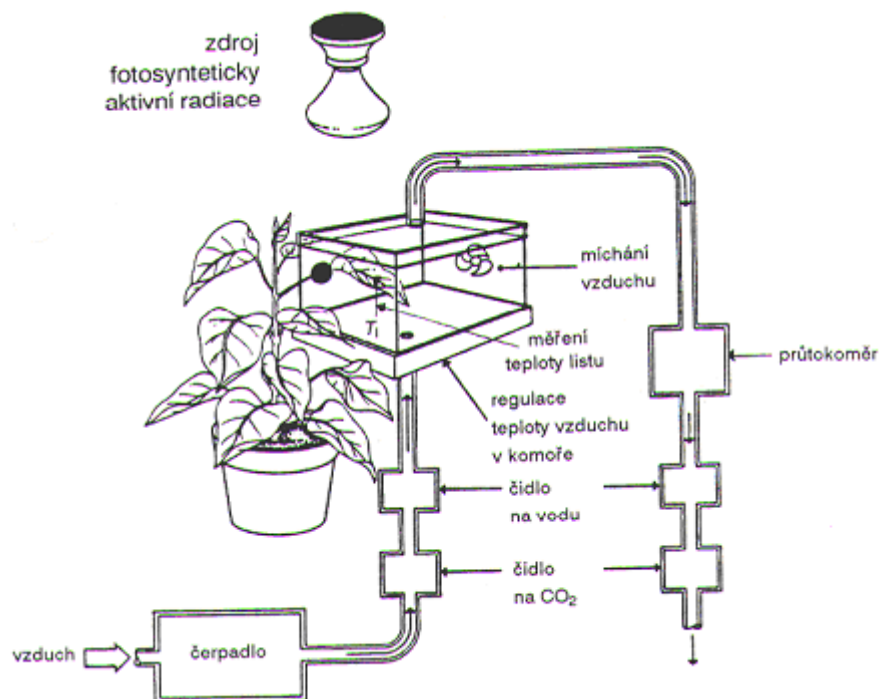
Obr. 3: Měření přístrojem LCA-4 (autor)



Přístroj LCA-4 vyrábí Analytical development company limited, Caring for the Environment, Velká Británie. Výhradním dovozcem tohoto přístroje do České republiky je firma Eijkelkamp, Agrisearch Equipment z Nizozemského království, V ČR je zastupuje firma Ekotechnika, s. r. o. Schéma otevřeného gazometrického systému je uvedeno na obr. 4.

Gazometrické metody měření intenzity fotosyntézy a transpirace patří mezi nejvíce rozšířené. Správné technické provedení vyžaduje zajištění přesného a kontinuálního měření změn koncentrace CO_2 a H_2O v expoziční komoře, jež zamezuje přehřátí listů i při vysokých hustotách ozáření a případně umožňuje i regulovatelnost jejich teploty, a pomocné aparatury pro regulaci a měření průtoku vzduchu a jeho teploty, obsahu CO_2 a vodní páry ve vzduchu (Šesták et al., 1966).

Obr. 4: Otevřený gazometrický systém (Nobel, 1991).



Intenzita fotosyntézy a transpirace byla přístrojem automaticky vypočtena z průtoku a změny koncentrace plynů mezi vstupem a výstupem z měřící komůrky:

Intenzita fotosyntézy P_N ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

$$P_N = u_s \cdot \delta c$$

u_s – množství (průtok) vzduchu listovou komůrkou na m^2 listové plochy

δc – rozdíl koncentrace CO_2 na vstupu a výstupu

Intenzita transpirace E (mmol H₂O.m⁻².s⁻¹)

$$E = u_s \cdot \delta w$$

u_s – množství (průtok) vzduchu listovou komůrkou na m² listové plochy

δw – rozdíl koncentrace vodní páry

4.6 Vyhodnocení naměřených hodnot

Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny vícefaktorovou Anovou na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Pro test homogenity rozptylu byl vybrán Cochran, Hartley, Bartlettův test. Tukeyův HSD test byl použit pro stanovení homogenních skupin.

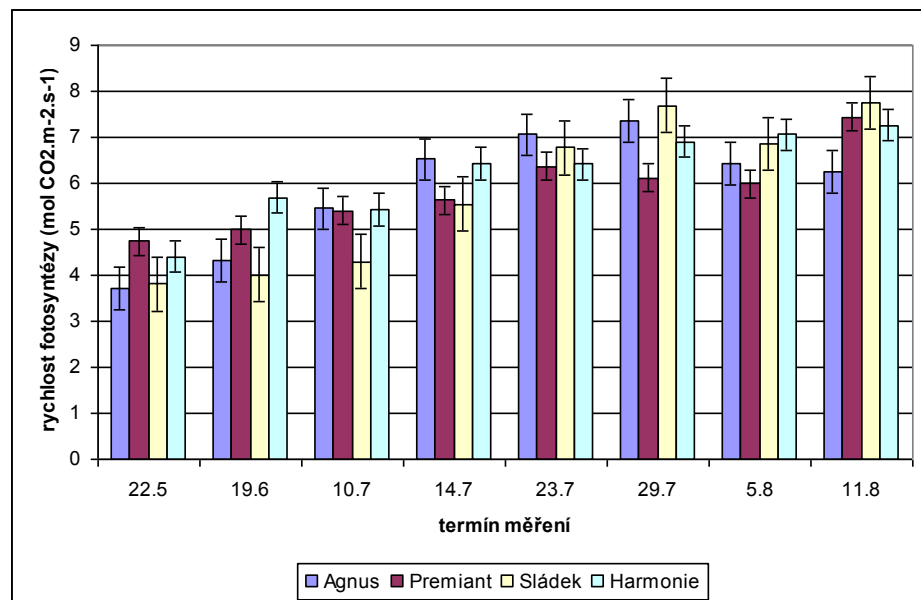
Naměřené hodnoty byly zpracovány pomocí statistického systému StatSoft, Inc. (2001) - STATISTICA Cz [Software system for data analysis], version 9.0.

5. Výsledky a diskuse

5.1 Rychlost fotosyntézy – vysoká konstrukce

První zkoumanou fyziologickou charakteristikou vysoké konstrukce byla rychlost fotosyntézy v $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (graf 2). Její hodnoty se pohybovaly od 3,71 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Agnus) do maxima 7,74 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, který dosáhla odrůda Sládek v posledním termínu měření (11.8). Všechny odrůdy měly nejnižší rychlost fotosyntézy v prvním termínu měření.

Graf 2: Průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a termínu měření na vysoké konstrukci



Dále je v grafu 2 patrné, že kromě odrůdy Harmonie, měly všechny ostatní genotypy stoupající tendenci až do 5. měření (23.7.). Odrůda Harmonie měla do této fáze dvě snížení, a to ve 3. měření (10.7) z 5,69 na 5,43 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a v 5. měření (23.7.) z 6,43 na 6,42 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, ale jednalo se o statisticky neprůkazný rozdíl. Zbývající sledované genotypy rychlost fotosyntézy od prvního do pátého termínu zvyšovaly, konkrétně Agnus z 3,71 na 7,03 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, Premiant z 4,74 na 6,37 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a Sládek z 3,8 na 6,77 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

V 6. termínu měření (29.7.) u odrůdy Premiant byl zaznamenán pokles rychlosti fotosyntézy na 6,11 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a tento trend pokračoval i v 7. měření (5.8.) až na 5,99 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. V 7. měření nastalo zpomalení fotosyntézy také u odrůd Agnus z 7,37 (jeho

nejvyšší hodnota) na 6,43 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a Sládek z 7,69 na 6,86 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, což by se dalo vysvětlit 6 suchými dny od posledního měření. U odrůdy Agnus došlo, zřejmě díky dalším 4 dnů bez srážek, ke snížení také v posledním termínu (5.8.) na 6,25 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, což byl nejvyšší zaznamenaný pokles během dvou termínů měření, konkrétně o 15,1 %. Jak je patrné z grafu 2, zbylé tři odrůdy dosáhly v posledním měření své maximální hodnoty rychlosti fotosyntézy, konkrétně v období před sklizní byla rychlost fotosyntézy nejnižší u odrůdy Agnus (6,25 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), následovala odrůda Harmonie (7,27 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), Premiant (7,43 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a naopak statisticky průkazně nejvyšší u odrůdy Sládek (7,74 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Po celkovém zhodnocení rychlosti fotosyntézy na vysoké konstrukci v rámci variant lze konstatovat, že kromě odrůdy Harmonie byly rozdíly mezi ostatními odrůdami na hladině významnosti $\alpha=0,05$ neprůkazné. U odrůd Sládek, Agnus a Premiant byla průměrná rychlost fotosyntézy 5,8 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, rychlost fotosyntézy u odrůdy Harmonie byla ze statistického hlediska o 0,4 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ významně vyšší. (tab. 8, kap. 5.2)

Türkott (2006) uvádí, že měření intenzity fotosyntézy přenosným analyzátozem je v porostech chmele velmi problematické a to především díky vertikální struktuře chmelnice.

Podle Hniličkové a Hniličky (2003) je maximální intenzita fotosyntézy v první polovině vegetace ve spodní polovině rostliny a v druhé polovině vegetace se přesouvá do horní poloviny rostliny. Autoři dále uvádějí, že maximum energie v jednotlivých orgánech chmelové rostliny je soustředěno do období jejich intenzivního vývoje a v dalším období klesá. Výjimku tvoří pouze chmelové révy, u kterých dochází k nárůstu až do období sklizně.

Türkott (2006) konstatuje, že ve fázi butonizace dochází ke zpomalení tvorby biomasy, fotosyntetické aktivity a ke zvýšení obsahu netto energie v sušině listů. V našem případě k výraznému snížení rychlosti fotosyntézy nedošlo.

5.2 Rychlost fotosyntézy – nízká konstrukce

Ze získaných výsledků vyplývá, že rychlost fotosyntézy byla ovlivněna nejenom termínem měření, zahrnující celé vegetační období, ale také odrůdou.

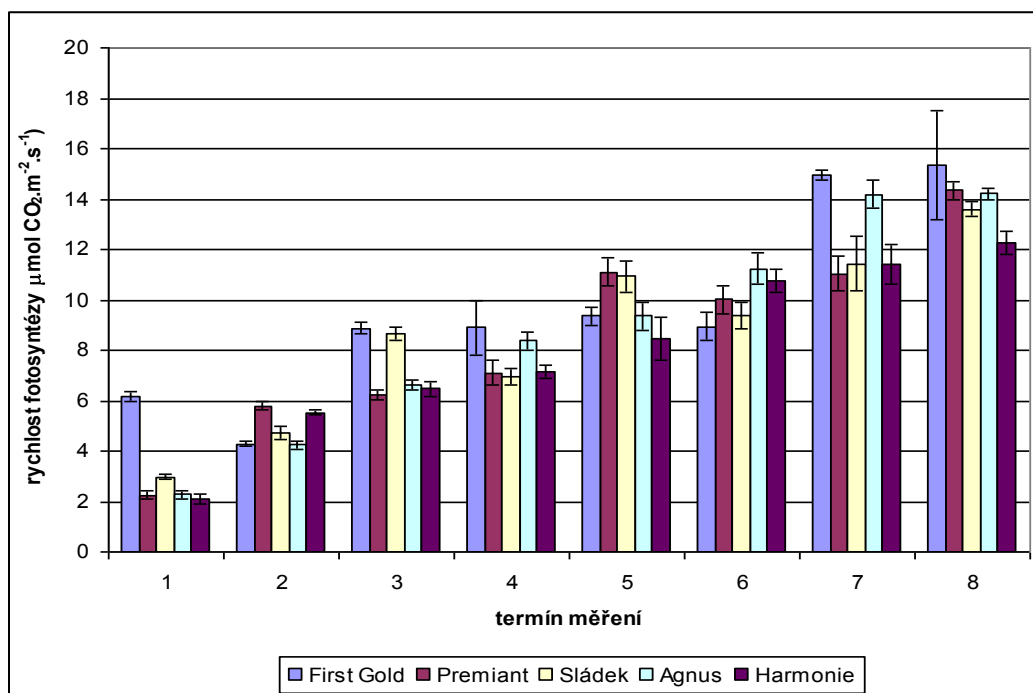
Změny rychlosti fotosyntézy v závislosti na termínu měření u jednotlivých odrůd jsou uvedeny v grafu 3. Z uvedeného grafu je patrný postupný nárůst fotosyntézy u všech odrůd během vegetace až do období před sklizní. Nejnižší rychlost fotosyntézy byla naměřena 22.5.

(1.termín), v této vývojové fázi se rychlost fotosyntézy pohybovala v rozpětí hodnot od 2,11 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Harmonie) do 6,16 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (First Gold). Naopak nejvyšší rychlost fotosyntézy byla naměřena v 8. termínu (11.8.). V období před sklizní byla rychlost fotosyntézy nejnižší u odrůdy Harmonie (12,26 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a naopak nejvyšší u odrůdy First Gold (15,35 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Z uvedeného grafu jsou dále patrné změny v rychlosti fotosyntézy v rámci ontogenetického vývoje sledovaných genotypů chmele. Ze získaných výsledků vyplývá, že je odrůda First Gold ve srovnání s českými genotypy pozdnější.

U anglické odrůdy First Gold byla rychlost fotosyntézy na počátku sledovaného období ze všech sledovaných odrůd nejvyšší (6,16 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a poté se snížila na hodnotu 4,27 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Výraznější nárůst o 48 % byl zaznamenán ve třetím termínu měření (10.7.), kdy byla rychlost fotosyntézy ve výši 8,85 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Nebyly nalezeny statisticky průkazné diference mezi 3. termínem měření (10.7.) a termíny následujícími až do 6. termínu (29.7.). Téměř 60% nárůst rychlosti fotosyntézy byl zjištěn v termínu 5.8. V tomto termínu byla rychlost fotosyntézy 14,98 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a rychlost fotosyntézy se zvyšovala až do posledního měřeného termínu (11.8.) – 15,35 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Graf 3: Průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a termínu měření na nízké konstrukci



Zatímco u anglické odrůdy rychlost fotosyntézy v měsíci červenci byla relativně stabilní u českých odrůd se naopak rychlost fotosyntézy po celé období zvyšovala a svého maxima dosáhla 11.8., jak dokazuje graf 3.

Z grafu 3 je patrné, že 22.5. (1. měření) nebyly mezi českými genotypy nalezeny průkazné diference v rychlosti fotosyntézy, i přesto je možné uvést, že nejnižší fotosyntéza byla naměřena u odrůdy Harmonie ($2,11 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Na straně druhé nejvyšší fotosyntézu na počátku sledovaného období mezi českými genotypy vykazovala odrůda Sládek ($2,97 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

U odrůdy Premiant rychlost fotosyntézy téměř lineárně narůstala od 1. termínu až do 5. termínu (23.7.). V tomto období vegetace byla rychlost fotosyntézy v rozpětí hodnot od $2,25 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ do $11,11 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. V následujícím termínu byl zaznamenán průkazný pokles fotosyntézy na hodnotu $10,00 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Poté opět rychlost fotosyntézy narůstala až do 11.8. – $14,33 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Obdobný trend ve změnách rychlosti fotosyntézy během vegetace jako odrůda Premiant vykazovala odrůda Sládek. U této odrůdy se rychlost fotosyntézy pohybovala v rozpětí hodnot $2,97 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (22.5.) až $13,60 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (11.8.). Oproti odrůdě Premiant byly u odrůdy Sládek zaznamenány dvě snížení rychlosti fotosyntézy. První snížení bylo naměřeno v 4. termínu (14.7.) – $6,94 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a druhé v 6. termínu $9,37 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, viz graf 3.

U odrůd Agnus a Harmonie se rychlost fotosyntézy zvyšovala téměř lineárně po celou sledovanou dobu, neboť nejnižší fotosyntéza byla u obou sledovaných odrůd 22.5., kdy rychlost fotosyntézy byla $2,28 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Agnus) a $2,11 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Harmonie). Naopak nejvyšší rychlost fotosyntézy byla naměřena v období před sklizní (11.8.), kdy její vyšší rychlost vykazovala odrůda Agnus ($14,20 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) ve srovnání s odrůdou Harmonie ($12,26 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

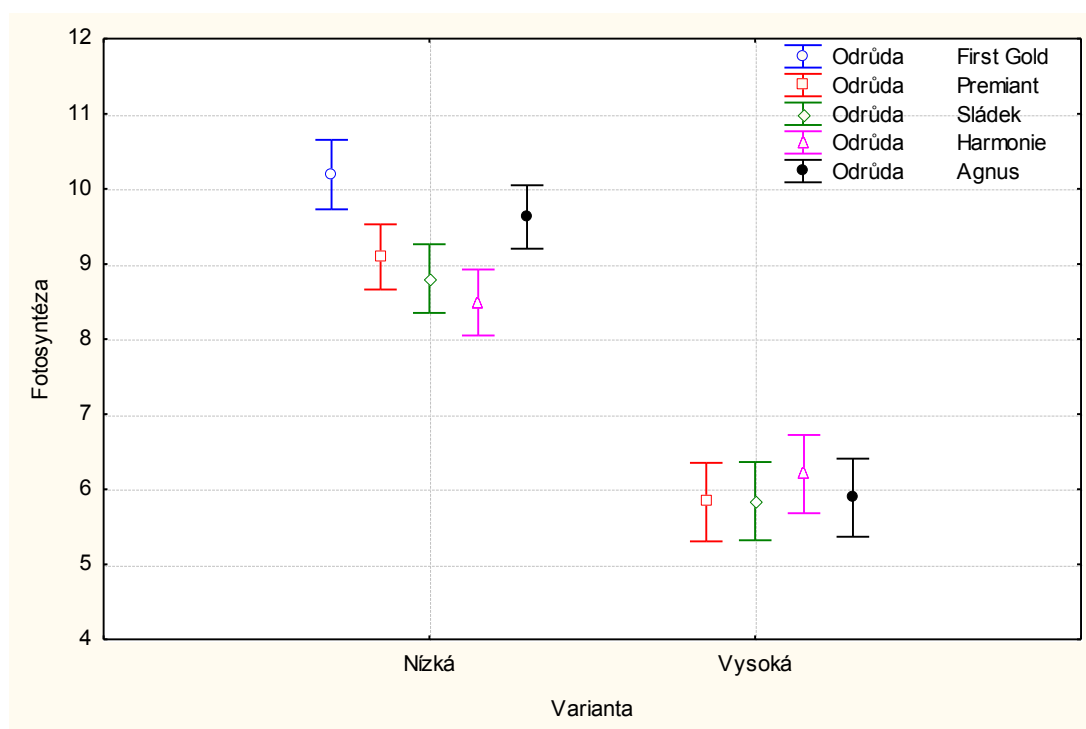
Na základě výpočtu Tukeyova HSD testu, byla přijata alternativní hypotéza na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, že rychlost fotosyntézy na nízké konstrukci je ovlivněna genotypem sledovaných rostlin, kdy odrůda Harmonie měla nejnižší průměrnou rychlost fotosyntézy ($8,49 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a naopak odrůda First Gold nejvyšší ($15,35 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Z výše uvedené statistické analýzy dále vyplývají neprůkazné diference v rychlosti fotosyntézy mezi testovanými českými genotypy, vyjma odrůdy Agnus ($9,63 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), jak dokumentuje tab. 8.

Tab 8: Průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a variantě konstrukce

	Odrůda	Varianta	Fotosyntéza Průměr	Fotosyntéza Sm.Ch.	Fotosyntéza -95,00%	Fotosyntéza +95,00%	N
1	First Gold	Nízká	10,18997	0,375423	9,451200	10,92873	304
2	Premiant	Nízká	9,09428	0,252346	8,597947	9,59061	346
3	Premiant	Vysoká	5,82901	0,054798	5,721059	5,93696	239
4	Sládek	Nízká	8,80590	0,257704	8,298833	9,31296	312
5	Sládek	Vysoká	5,84226	0,101028	5,643243	6,04128	240
6	Harmonie	Nízká	8,48724	0,227526	8,039686	8,93479	337
7	Harmonie	Vysoká	6,20135	0,062382	6,078456	6,32423	240
8	Agnus	Nízká	9,62582	0,274820	9,085387	10,16626	365
9	Agnus	Vysoká	5,88742	0,079529	5,730749	6,04408	240

Dále lze na základě výpočtu Tukeyova HSD testu přijmout alternativní hypotézu na hladině významnosti $\alpha=0,05$, že rychlost fotosyntézy je výrazně ovlivněna způsobem pěstování. Průměrná rychlost fotosyntézy na nízké konstrukci ($9,0 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) je o 53 % vyšší než na vysoké, která dosáhla pouze ($5,9 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Graf 4: Průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a variantě konstrukce



Jak je dále patrné z grafu 4, u některých odrůd byl nárůst rychlosti fotosyntézy o více než jednu polovinu, konkrétně u odrůdy Harmonie o 36 %, Agnus 63 %, Sládek o 51 % a u odrůdy Premiant o 56 %.

Tento závěr potvrzují výsledky Kriega a Hutmachera (1986), kteří sledovali vliv stomatálních a nestomatálních faktorů na rychlost fotosyntézy u hybridu zrnového čiroku a konstatují, že jeden z významných faktorů ovlivňující rychlost fotosyntézy je po vodním režimu také intenzita ozáření, která je u nízké konstrukce vyšší.

Kenny (2005) uvádí, že rychlost fotosyntézy jakékoliv osvětlené části listu odrůdy Galena je v průměru $16,6 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, naopak zastíněné listy měly rychlost fotosyntézy zanedbatelnou. Autor dále uvádí, že osvětlené listy mají v průměru o 60 % vyšší stomatální vodivost než listy zastíněné a maximální rychlost fotosyntézy mají listy od 75 % svojí velikosti a větší.

Autoři Zelenka a Fiala (1960) uvádějí, že světlo samo působí bezprostředně jako činitel brzdící prodlužování růstu. Rostliny rostou tedy hlavně za podmínek menšího osvětlení, i za tmy. K růstu je však světla nezbytně potřeba, neboť podmiňuje fotosyntetickou asimilaci.

Rychlost fotosyntézy u pšenice se podle Hniličky et. al. (2004) pohybuje v intervalu hodnot od $3,76 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ do $14,53 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Naměřené hodnoty všech genotypů rostlin chmele se pohybovaly v tomto intervalu.

Průměrných hodnot rychlosti fotosyntézy od $6,89$ do $13,64 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ udávaných Hniličkovou a Hniličkou (2006) nedosáhla ani jedna odrůda na vysoké konstrukci. Genotypy na nízké konstrukci se v těchto intervalech pohybovaly.

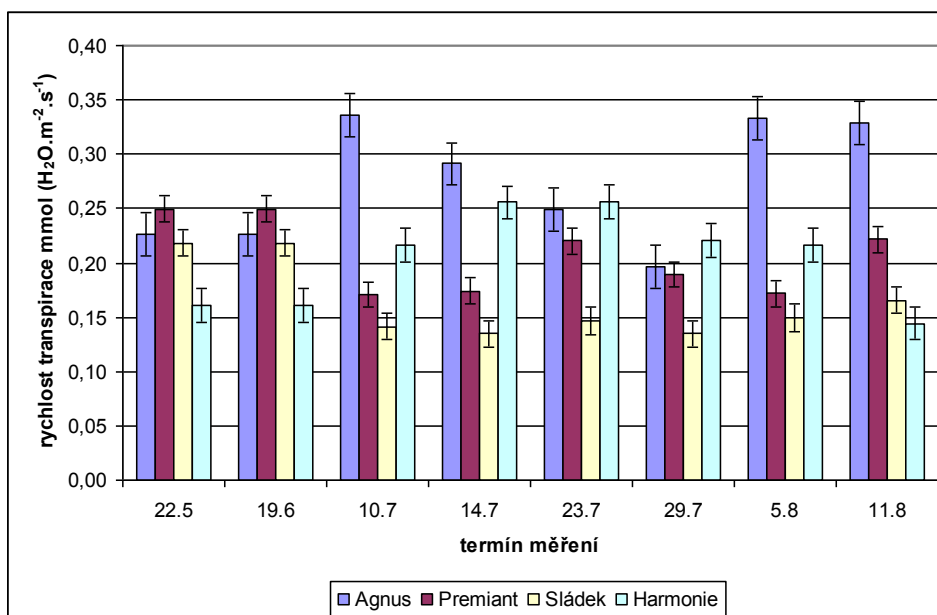
5.3 Rychlost transpirace – vysoká konstrukce

Další měřenou charakteristikou výměny plynů byla rychlost transpirace. Hodnoty rychlosti transpirace (graf 5) se pohybovaly od $0,13 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, což byla ve dvou termínech (14. a 29. 7.) nejnižší hodnota odrůd Premiant do $0,34 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ u Agnus ve 3. termínu měření (10.7.). Na rozdíl od fotosyntézy se jeví rychlost transpirace z celkového pohledu jako klesající, což potvrzují závěry Šebánka (1983), který uvádí snižování rychlosti transpirace během ontogeneze rostlin. Odrůdy Premiant a Sládek dosáhly nejvyšších hodnot transpirace již na počátku sledovaného období - $0,25$ a $0,22 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Poté již dochází k postupnému snižování transpirace na hodnoty $0,17$ resp. $0,13 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ve 4. měření (14.7.). Zcela odlišný trend rychlosti transpirace byl zaznamenán u odrůdy Agnus, kdy

od prvního termínu měření rychlost transpirace narůstala až do třetího termínu. V uvedeném časovém úseku byla rychlost transpirace od do 0,34 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). Poté nastává také pokles transpirace až na 0,2 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ v 6. termínu. Ke konci sledovaného období se opět transpirace zvýšila a v obou termínech byla její rychlost 0,33 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹.

Rychlost transpirace u odrůdy Sládek se od 5. měření pohybovaly v rozpětí hodnot od 0,13 do 0,17 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ v posledním termínu. U odrůdy Harmonie stoupala rychlost transpirace v období kvetení a hlávkování na maximální hodnotu 0,26 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, ale poté klesala snížila na svou nejnižší hodnotu 0,14 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ (8. termín). U všech sledovaných odrůd bylo zjištěno snížení rychlosti transpirace ve fázi tvorby hlávek.

Graf 5: Průměrné hodnoty rychlosti transpirace (mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) v závislosti na genotypu a termínu měření na vysoké konstrukci



Jak je patrné z grafu 5, obdobně jako v případě rychlosti fotosyntézy byla na základě výpočtu Tukeyova HSD testu přijata alternativní hypotéza na hladině významnosti $\alpha=0,05$, o vlivu odrůdy na rychlost transpirace na vysoké konstrukci. Statisticky neprůkazný rozdíl byl vypočten pouze u odrůd Harmonie (0,21 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) a Premiant (0,2 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹). Na straně druhé odrůda Sládek (0,16 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) vykazovala hodnotu o cca 20 % nižší, naopak odrůda Agnus (0,27 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) o 35 % vyšší.

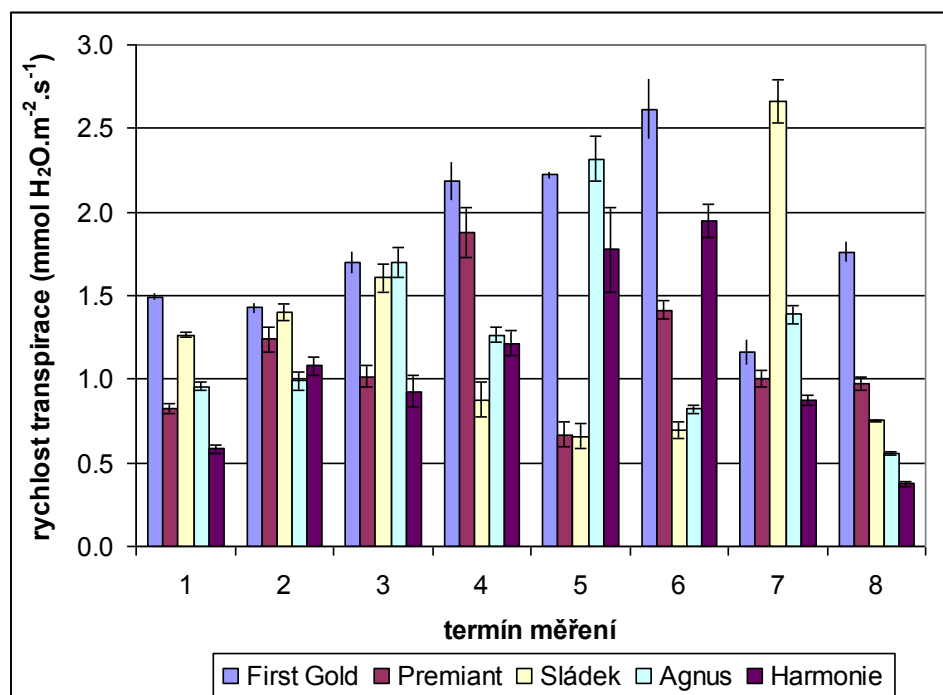
5.4 Rychlost transpirace – nízká konstrukce

Obdobně jako v případě rychlosti fotosyntézy byla transpirace ovlivněna ontogenetickým vývojem rostlin a genotypem. Vliv ontogenetického vývoje jednotlivých sledovaných odrůd chmele na rychlost transpirace je uveden v grafu 6.

Z něho je patrný rozdíl ve výměně CO_2 a H_2O , zatímco u rychlosti fotosyntézy bylo zjištěno její postupné narůstání v průběhu vegetace u rychlosti transpirace tento trend nebyl zjištěn. Rychlost transpirace se pohybovala v intervalu hodnot od $0,37 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Harmonie, 8. termín) do $2,66 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Sládek, 7. termín).

Rychlost transpirace anglické odrůdy First Gold byla na počátku měření ve výši $1,49 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, ale v termínu následujícím poklesla neprůkazně na hodnotu $1,42 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Od tohoto termínu měření se rychlost transpirace zvyšovala až do 29.7. (6. měření), kdy byla rychlost transpirace maximální - $2,61 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Naopak v následujícím termínu rychlost transpirace průkazně poklesla až na minimální hodnotu $1,17 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Dne 11.8. se transpirace opět průkazně zvýšila o $0,59 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ve srovnání s předcházejícím termínem měření, viz graf 6.

Graf 6: Průměrné hodnoty rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a termínu měření na nízké konstrukci



V porovnání s předcházející odrůdou vykazovala odrůda Premiant nižší hodnoty transpirace, které byly v průběhu jejího ontogenetického vývoje relativně vyrovnané, neboť interval naměřených hodnot rychlosti transpirace byl $0,67 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (5. termín) až $1,87 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (4. termín). Na počátku sledovaného období byla rychlost transpirace $0,83 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Oproti odrůdě First Gold byly u odrůdy Premiant tři termíny snížení. První snížení bylo zaznamenáno 10.7. ($1,02 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), druhé 23.7. ($0,67 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) a třetí 5.8. ($1,00 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$).

Z grafu 6 je patrný postupný nárůst rychlosti transpirace odrůdy Sládek, kdy se transpirace zvyšovala z hodnoty $1,26 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (1. termín) na hodnotu $1,61 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (3. termín). Poté následuje pokles až na minimální hodnotu $0,65 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, která byla naměřena v 5. termínu. Naopak maximální hodnota byla naměřena v 7. termínu ($2,66 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Na konci sledovaného období byl opět zaznamenán pokles transpirace na hodnotu $0,75 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Ve srovnání s předcházejícími odrůdami byla nejnižší transpirace u odrůd Agnus a Harmonie naměřena na konci sledovaného období, 11.8. V tomto termínu byla transpirace ve výši $0,55 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $0,37 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Na straně druhé maximální transpirace odrůdy Agnus byla v pátém termínu – $2,31 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a u odrůdy Harmonie v 6. termínu – $1,95 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Do tohoto termínu se rychlost transpirace odrůdy Agnus postupně zvyšovala až do třetího termínu ($1,70 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) a následuje pokles na hodnotu $1,27 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Z maximální hodnoty poklesla transpirace v 6. termínu o $1,49 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

U odrůdy Harmonie se rychlost transpirace průkazně zvýšila ve druhém termínu měření ve srovnání s předcházejícím termínem o $0,50 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Po neprůkazném snížení ve 3. termínu ($0,93 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) se postupně transpirace zvyšovala až do svého maxima v 6. termínu. Ke konci sledovaného období již dochází k postupnému snižování transpirace, neboť průkazně nejnižší transpirace byla naměřena 11.8. – $0,37 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, viz graf 6.

Obdobně jako rychlost fotosyntézy byla transpirace ovlivněna genotypem sledovaných rostlin na nízké konstrukci. Hodnocení vlivu genotypu na rychlost transpirace je uvedeno v tab. 9. Z uvedené tabulky vyplývá, že statisticky průkazně nejnižší rychlost transpirace na nízké konstrukci vykazuje odrůda Premiant ($1,12 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Naopak u odrůdy First Gold byla transpirace nejvyšší ($1,84 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Statisticky neprůkazné difference byly zjištěny mezi odrůdami Harmonie a Agnus, Sládek a Agnus.

Tab. 9: Průměrné hodnoty rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a variantě konstrukce

	Odrůda	Varianta	Transpirace Průměr	Transpirace Sm.Ch.	Transpirace -95,00%	Transpirace +95,00%	N
1	First Gold	Nízká	1,841382	0,043125	1,756519	1,926244	304
2	Premiant	Nízká	1,123251	0,030950	1,062376	1,184126	346
3	Premiant	Vysoká	0,199249	0,008817	0,181880	0,216617	239
4	Sládek	Nízká	1,270833	0,047428	1,177513	1,364154	312
5	Sládek	Vysoká	0,158522	0,004515	0,149627	0,167417	240
6	Harmonie	Nízká	1,136929	0,048949	1,040644	1,233214	337
7	Harmonie	Vysoká	0,205125	0,005902	0,193498	0,216752	240
8	Agnus	Nízká	1,246233	0,037724	1,172049	1,320417	365
9	Agnus	Vysoká	0,274797	0,013832	0,247548	0,302045	240

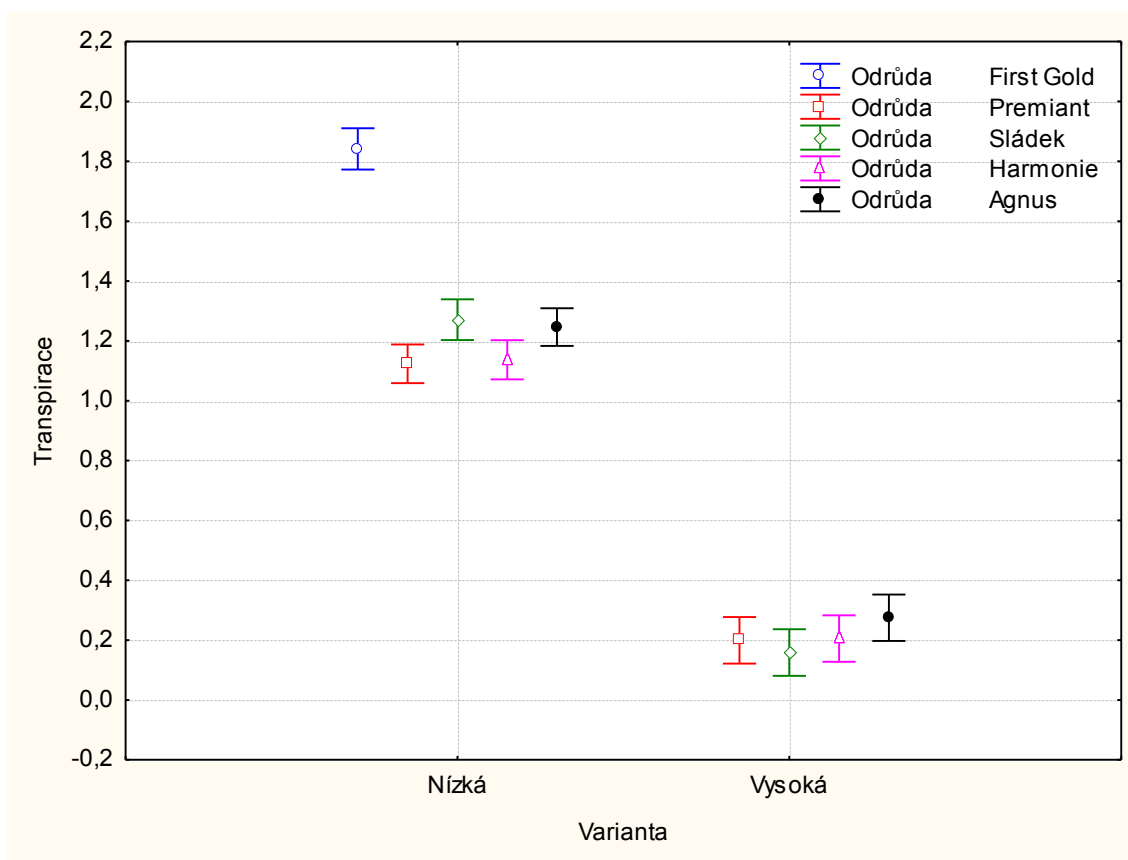
U českých odrůd byly zjištěny významné statisticky průkazné rozdíly rychlosti transpirace mezi nízkou a vysokou variantou pěstování. Shodně s rychlostí fotosyntézy jsou hodnoty rychlosti transpirace genotypů na nízké konstrukci průkazně vyšší jak dokazuje graf 7. Z tabulky 9 vyplývá, že nejvyšší nárůst této sledované charakteristiky vykazuje odrůda Sládek o 746 %, dále následovala odrůda Harmonie o 465 %, Premiant o 462 % a nakonec Agnus o 359 %. Z celkového pohledu měly české genotypy pěstované na nízké konstrukci o 469 % vyšší rychlost transpirace v porovnání s rostlinami pěstovaných na vysoké konstrukci.

Šebánek (1983) konstatuje, že světelné záření ovlivňuje transpiraci jednak přímo, neboť ohřívá listy a další orgány a jednak nepřímo, protože se při osvětlení otvírají průduchy a tím se zvyšuje stomatární transpirace. Autor dále uvádí, že pro rostliny je důležitější zahřátí vlivem přímého osvětlení než pokles tlaku vodní páry v atmosféře.

Také vítr ovlivňuje transpiraci odnášením vodní páry z okolí listové plochy, čímž se může zvyšovat její vodní deficit. Transpirace nestoupá úměrně s rychlostí větru. Zvýší se jen o něco, ale hodnota vodního potenciálu v listech vlivem větru značně klesne, což má za následek narušení tvorby sušiny (Šebánek, 1983).

Negativní vliv abiotických faktorů a zejména vodního stresu na fyziologické pochody u rostlin dokazuje ve svých pokusech s ozimou pšenicí Hnilička a kol. (2005). Konstatuje, že vybrané abiotické stresory, především kombinace sucha a nízkého pH, významně snížily hodnoty sledovaných charakteristik v porovnání s variantou kontrolní.

Graf 7: Průměrné hodnoty rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a variantě konstrukce

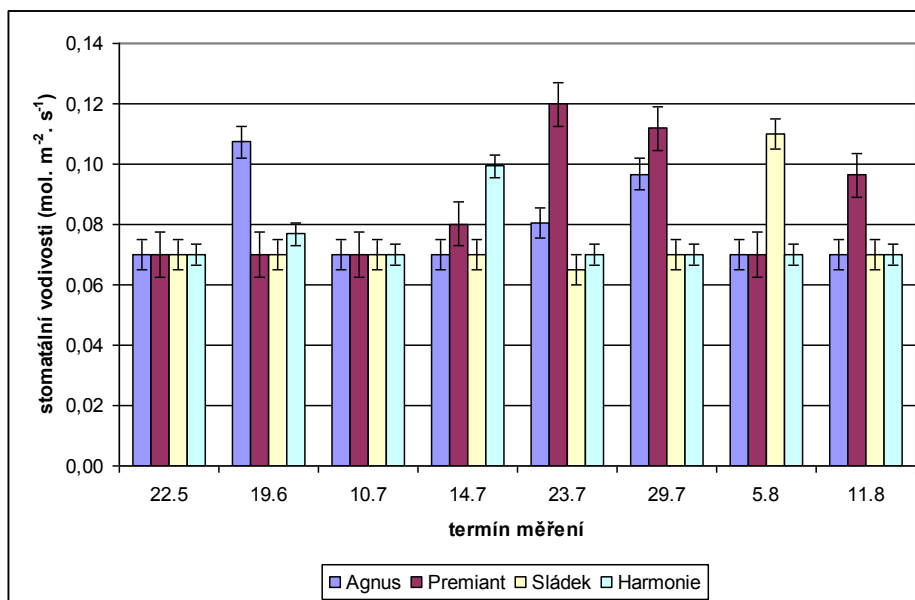


5.5 Stomatální vodivost – vysoká konstrukce

Hodnoty stomatální vodivosti se pohybovaly od $0,07 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (termín, odrůda) do $0,12 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ což byla nejvyšší hodnota Premianta 23.7. I přestože byly zjištěny rozdíly stomatální vodivosti mezi genotypy, jejich hodnoty byly relativně vyrovnané, pouze 34.3 % hodnot se lišilo od nejčastější naměřené hodnoty $0,07 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, jak dokumentuje graf 8. Uvedené hodnoty byly naměřeny v prvním měření u všech sledovaných genotypů. Stomatální vodivost odrůdy Agnus byla vyšší ve 2. měření o $+0,04 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ v 5. měření o $0,01 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a v 6. termínu o $+0,03 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V případě odrůdy Sládek byl v 5. termínu zaznamenán pokles na $0,06 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a v 7. měření byla hodnota stomatální vodivosti $0,11 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U odrůdy Harmonie se také od hodnoty stomatální vodivosti $0,07 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ zvýšily ve 2. měření o $+0,01 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a ve 4. měření kdy $0,1 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvýraznější výkyvy stomatální vodivosti byly naměřeny u odrůdy Premiant. Vždy se

jednalo o zvýšení, ve 4. měření o $0,01 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v 5. měření o $0,05 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ na maximální hodnotu, v 6. měření o $0,04 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a v posledním měření o $0,03 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Graf 8: Průměrné hodnoty stomatální vodivosti ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a termínu měření na vysoké konstrukci



Mezi genotypy pěstovanými na vysoké konstrukci byly zaznamenána průkazná diference stomatální vodivosti pouze u odrůd Premiant a Sládek a to $0,09 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ resp. $0,07 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Odrůdy Agnus a Harmonie se s hodnotou $0,08$ umístily na 2. a 3. místě ze čtyř měřených genotypů.

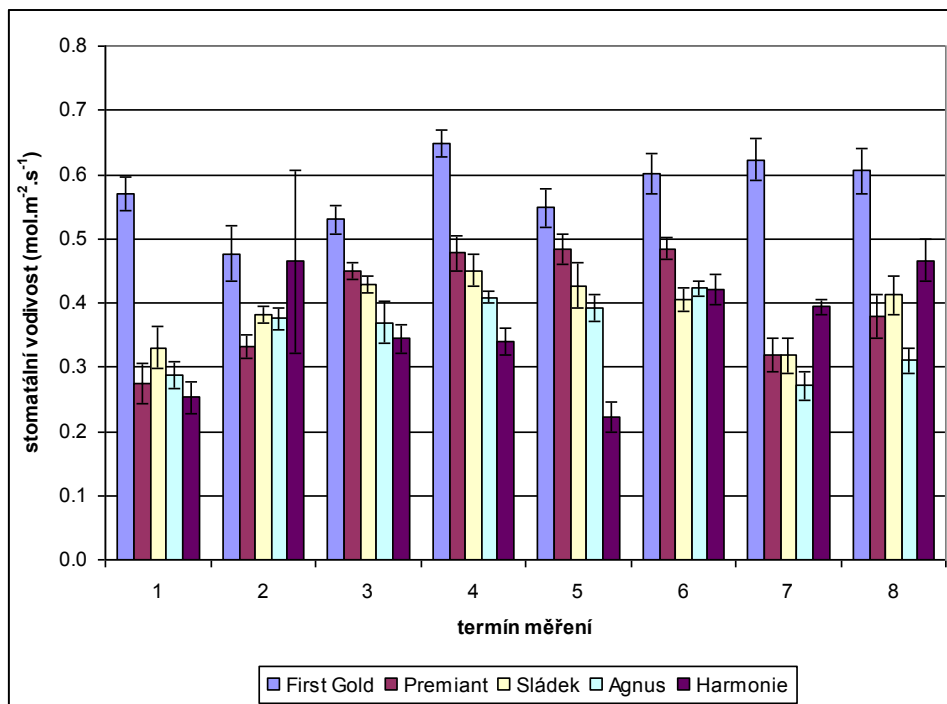
Kenny (2005) při pokusu na různých odrůdách chmelu zaznamenal stomatální vodivost od $0,17$ do $0,48 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, těchto variant nebylo na vysoké konstrukci dosaženo ani v jednom měření. Naopak na nízké konstrukci se hodnoty pohybovaly u horní hranice, kterou autor uvádí. Odrůda First Gold měla hodnotu stomatální vodivosti vyšší o $0,09 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

5.6 Stomatální vodivost – nízká konstrukce

Výměna plynů rostlinou je kromě vnějších faktorů limitována také faktory vnitřními. Mezi významné vnitřní faktory je možné zařadit otevřenost průduchů – stomatální vodivost. Stomatální vodivost byla statisticky významně ovlivněna genotypem, neboť nižší hodnoty stomatální vodivosti vykazovaly české odrůdy ve srovnání s odrůdou anglickou, viz tab. 10.

Stomatální vodivost obdobně jako charakteristiky výměny plynů se měnila v průběhu vegetace jednotlivých odrůd, jak dokumentuje graf 9. Z uvedeného grafu vyplývá, že nejnižší stomatální vodivost byla zjištěna u odrůdy Harmonie, v 5. termínu měření ($0,22 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) a na straně druhé nejvyšší u odrůdy First Gold, ve 4. termínu měření ($0,65 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$).

Graf 9: Průměrné hodnoty stomatální vodivosti ($\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a termínu měření na nízké konstrukci



Stomatální vodivost odrůdy First Gold se pohybovala v intervalu hodnot $0,47 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (2.termín) až $0,65 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (4.termín). U této odrůdy se nejprve stomatální vodivost na počátku vegetace snížila mezi prvním a druhým odběrem o $0,10 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Od druhého odběru až do čtvrtého odběru se stomatální vodivost zvyšovala až do své maximální hodnoty $0,65 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (4.odběr). Poté následuje snížení na hodnotu $0,55 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a poté se stomatální vodivost opět zvyšovala. Na konci sledovaného období byla stomatální vodivost vyrovnaná, bez statisticky průkazných diferencí. Dne 11.8. (8.termín) byla stomatální vodivost ve výši $0,61 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

U odrůdy Premiant stomatální vodivost téměř lineárně narůstala od prvního termínu, 22.5., do šestého termínu, 29.7. V tomto období byla stomatální vodivost od $0,27 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ do $0,48 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Mezi čtvrtým a šestým termínem měření byla stomatální vodivost vyrovnaná, bez průkazných diferencí. Od šestého termínu měření až do konce měření stomatální vodivost

postupně klesala. Na konci sledovaného období byla stomatální vodivost $0,38 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, jak dokládá graf 9.

V případě odrůdy Sládek se stomatální vodivost opět zvyšovala od prvního termínu ($0,33 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) až po čtvrtý termín. Ve čtvrtém termínu dosáhla stomatální vodivost svého maxima - $0,45 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, viz graf 9. Z něho je dále patrný pokles stomatální vodivosti od čtvrtého termínu až do sedmého termínu. Dne 5.8. (7.termín) byla naopak stomatální vodivost statisticky průkazně nejnižší - $0,32 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Na konci sledovaného období se stomatální vodivost zvýšila na hodnotu $0,41 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

V porovnání s předcházejícími odrůdami nevykazovaly hodnoty stomatální vodivosti odrůdy Agnus výraznější trend v nárůstu či poklesu jejich hodnot. Na počátku sledovaného období, 22.5., byla stomatální vodivost ve výši $0,29 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a v termínu následujícím $0,38 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Ve třetím termínu ($0,37 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) se stomatální vodivost neprůkazně snížila ve srovnání s hodnotou předcházející ($0,38 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Poté následuje naopak neprůkazné zvýšení a opět snížení. Maximální stomatální vodivost byla naměřena v šestém termínu (29.7.) - $0,42 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Naopak v následujícím termínu měření, 5.8., byla stomatální vodivost odrůdy Agnus průkazně nejnižší - $0,27 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Na konci sledovaného období se stomatální vodivost opět neprůkazně zvýšila na hodnotu $0,31 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Poslední sledovanou odrůdou byla odrůda Harmonie. U této odrůdy se stomatální vodivost zvýšila z hodnoty $0,25 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (22.5.) na hodnotu $0,46 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (19.6.). Poté se stomatální vodivost průkazně snížila o $0,12 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Další pokles stomatální vodivosti byl stanoven v pátém termínu (23.7.). V tomto termínu byla stomatální vodivost statisticky průkazně nejnižší - $0,22 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Po uvedeném průkazném poklesu se opět stomatální vodivost opět zvýšila na hodnotu $0,42 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Maximální hodnota stomatální vodivosti byla v porovnání s ostatními odrůdami až na konci sledovaného období. V tomto termínu (11.8.) byla stomatální vodivost $0,47 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Na základě výpočtu Tukeyova HSD testu, byla přijata alternativní hypotéza na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, že stomatální vodivost chmele na nízké konstrukci je ovlivněna genotypem sledovaných rostlin, kdy odrůda Agnus měla nejnižší průměrnou stomatální vodivost ($0,36 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) a naopak odrůda First Gold nejvyšší ($0,57 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Z výše uvedené statistické analýzy dále vyplývají neprůkazné difference stomatální vodivosti mezi testovanými českými genotypy Harmonie, Sládek a Agnus, dále mezi odrůdami Sládek a Premiant, jak dokumentuje tab 11.

Tab. 11: **Průměrné hodnoty stomatální vodivosti ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a variantě konstrukce**

	Odrůda	Varianta	Stomatální vodivost Průměr	Stomatální vodivost Sm.Ch.	Stomatální vodivost -95,00%	Stomatální vodivost +95,00%	N
1	First Gold	Nízká	0,572237	0,011784	0,549049	0,595425	304
2	Premiant	Nízká	0,408064	0,009687	0,389011	0,427116	346
3	Premiant	Vysoká	0,085406	0,005593	0,074387	0,096425	239
4	Sládek	Nízká	0,391763	0,009081	0,373895	0,409631	312
5	Sládek	Vysoká	0,073301	0,004046	0,065332	0,081271	240
6	Harmonie	Nízká	0,366202	0,016461	0,333822	0,398581	337
7	Harmonie	Vysoká	0,075991	0,003512	0,069072	0,082909	240
8	Agnus	Nízká	0,360000	0,007316	0,345614	0,374386	365
9	Agnus	Vysoká	0,077991	0,004359	0,069404	0,086578	240

Rozdíly v hodnotách stomatální vodivosti v závislosti na variantě pěstování vyplývají z grafu 10 statisticky průkazné u všech pěstovaných genotypů. Jako u předchozích fyziologických charakteristik byly hodnoty chmele na nízké konstrukci vyšší. Nejvyšší nárůst byl zaznamenán u odrůdy Sládek ($0,39 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), kdy na nízké konstrukci byla hodnota 5,3 krát vyšší, dále u odrůdy Harmonie ($0,36 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 4,8 krát vyšší, u odrůdy Premiant ($0,4 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 4,7 krát vyšší a nakonec u odrůdy Agnus ($0,36 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 4,6 krát vyšší než na klasické vysoké konstrukci.

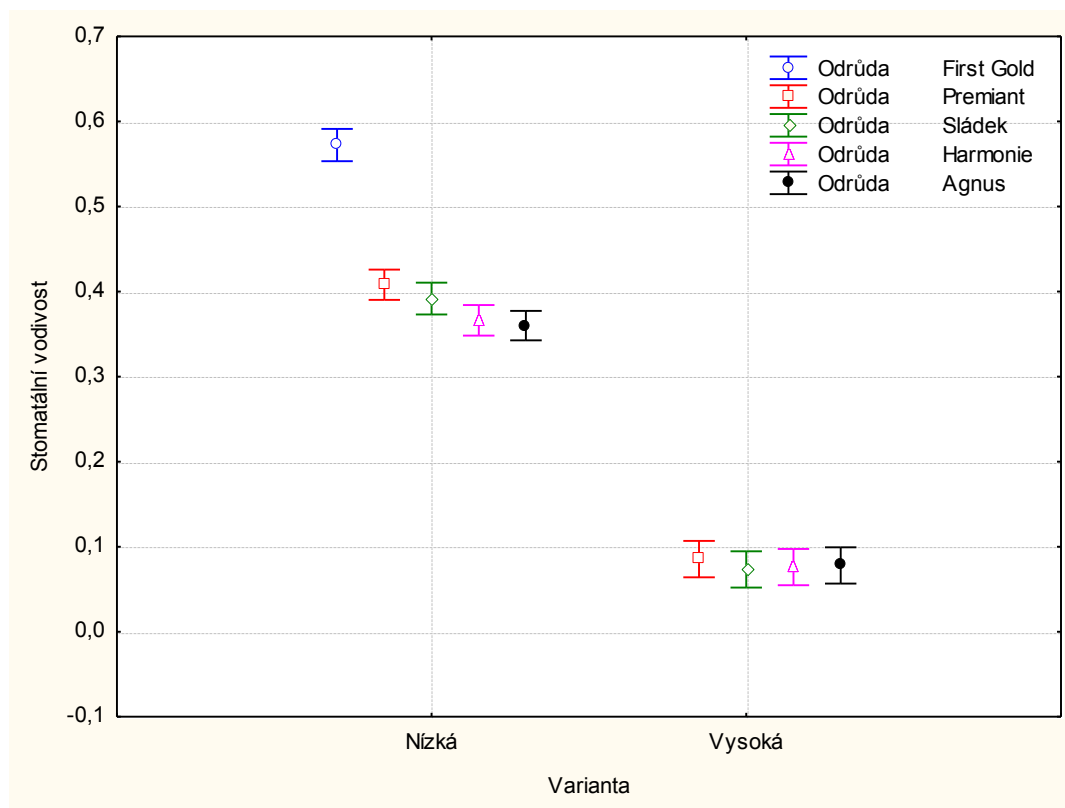
Kenny (2005) při pokusu na různých odrůdách chmele, pěstované na vysoké konstrukci, zaznamenal stomatální vodivost od 0,17 do $0,48 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Výrazný pokles stomatální vodivosti směrem k nulovým hodnotám zaznamenal ve svém pokusu na rostlinách fazolu Miyashita a kol. (2005). Již druhý den dehydratace statisticky průkazně poklesla stomatální vodivost pod úroveň $0,04 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a sedmý den byla nulová.

Nulovou hodnotu stomatální vodivosti u vybraných odrůd kvěťáku vykazovala i stresová varianta v práci Hnilíčkové a Duffka (2004), avšak až sedmnáctý den po započetí vodního stresu.

Odrůdy pěstované na nízké konstrukci dosáhly průměrné hodnoty stomatální vodivosti $2,097 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Odrůdy pěstované na vysoké konstrukci dosáhly hodnoty $0,31 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, což je o 85,2 % méně. Tyto hodnoty poukazují na statisticky průkazný vliv pěstování chmele na nízké konstrukci jak na stomatální vodivost rostlin, tak na ostatní námi měřené fyziologické charakteristiky chmele.

Graf 10: Průměrné hodnoty stomatální vodivosti ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) v závislosti na genotypu a variantě konstrukce



Vliv vodního deficitu na vybrané fyziologické charakteristiky u rajčat sledovali Hniličková a Duffek (2004) a konstatují, že rozdíly v hodnotách stomatální vodivosti mezi jednotlivými odrůdami byly statisticky neprůkazné.

5.7 Habitus rostlin

Během prvního roku vývoje chmelových rostlin bylo sledováno utváření jejich habitu v závislosti na variantě konstrukce a technologie pěstování. Musíme si uvědomit, že rostliny chmele dosahují maximálního vzrůstu až ve 2 – 3 roce pěstování, z toho důvodu je hodnocení habitu v prvním roce pouze předběžné.

Z obr. I a II (viz. příloha) je patrné, že odrůdy Sládek a Premiant měly velmi podobný vývoj habitu rostliny. Ke dni 9.6. již většina rostlin obou odrůd dosáhla vrcholu nízké 3 metrové konstrukce. V poslední dekádě července, dosáhly obě odrůdy i stropu vysoké konstrukce a začala intenzivní tvorba nadzemní biomasy. Na konci srpna byl ukončen vývoj habitu chmelových rostlin jak na nízké tak vysoké konstrukci. Na vysoké konstrukci vytvořily

obě odrůdy v prvním roce pěstování válcovitý zašpičatělý habitus se středně hustým olistěním a středně vysokým nasazením pazochů. (obr. V a VI, viz. příloha) Na nízké konstrukci vytvořily obě odrůdy středně silnou souvislou stěnu, středního olistění a díky chybějící opoře a pazochům s lehce střechovitým tvarem.

Odrůda Agnus vykazovala v počátečních fázích vývoje mírně pomalejší růst, který byl patrný jak na nízké (příloha obr. III) tak na vysoké konstrukci (příloha, obr. VII). V první dekádě června nedosahovaly rostliny ani poloviny nízké konstrukce. Na vysoké konstrukci byly též rostliny o něco nižší a slabší. Ke konci července však tuto ztrátu dohnala a v poslední dekádě srpna měla odrůda Agnus na nízké konstrukci širokou, silně olistěnou stěnu se silně střechovitým habitem. Na vysoké konstrukci byl špičatý válcovitý habitus se slabším olistěním.

Jak uvádí Kopecký a Ježek (2006) hybridní odrůdy se odlišují mnohými biologickými a růstovými vlastnostmi, které spočívají v pozdějším nástupu a pozvolném průběhu fáze růstu, v pozdějším a pozvolném průběhu fáze tvorby květu, v pozdním nástupu, ale rychlé tvorby hlávek a v hustším zápoji porostu, daným vyšší produkcí nadzemní hmoty.

Anglická trpasličí odrůda First Gold (příloha, obr. IV), vyšlechtěná na nízké konstrukce působila po celou vegetaci oproti českým odrůdám velmi pomalým vývojem. Stropu nízké konstrukce dosáhla až v poslední dekádě srpna. Habitus byl slabší, s menším olistěním a hustším nasazením hlávek což je, jak ukazují námi naměřené hodnoty, z fyziologického hlediska pro tuto technologii pěstování výhodné.

Tyto výsledky potvrzují závěry Glendinninga (2010), který konstatuje, že je důležité se vyvarovat toho, aby rostlina dosáhla mohutného habitu za cenu neúměrně vysokého olistění. Pokusy prokázaly, že odstraněním poloviny listové plochy v červenci a srpnu můžeme zvýšit výnos minimálně o 20 %. Nicméně, ekonomický způsob takového zásahu v praxi nebyl dosud nalezen. Namísto toho se zaměřujeme na vyšlechtění takových typů chmelových odrůd, které by měly bohaté trsy hlávek a menší listy. Dále autor udává, že zvýšené zastínění rostlin může vést až k 20% redukci výnosu a 10% redukci v obsahu alfa hořkých kyselin.

Zattler (1960) uvádí ve svých závěrech vliv klimatu na obsah hořkých látek ve chmelu. Ke zvýšení podle autora dochází při vyšší teplotě a nižší vlhkosti, čehož je v nízké konstrukci dosaženo.

Naopak Kafka et al. (1981) považují odstraňování zdravých spodních révových listů za neopodstatněné až škodlivé.

Šebánek (1983) uvádí, že zvýšením plochy listů dochází k zastínování a tím ke snižování efektivnosti práce spodních listů tj. ke snižování celkové čisté produktivity fotosyntézy. Se

stoupající listovou plochou stoupá také hladina inhibičních látek (především kyseliny abscisové), které brzdí růst a produktivnost rostlin.

6. Závěr

Ze získaných jednoletých výsledků vyplývají následující pouze předběžné závěry:

1. Byly prokázány genotypové rozdíly v rychlosti výměny plynů a stomatální vodivosti jak na nízké tak na vysoké konstrukci.
2. Ze sledovaných odrůd na nízké konstrukci vykazovala nejvyšší hodnoty fyziologických charakteristik odrůda First Gold, přičemž rychlost fotosyntézy byla $10,19 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, rychlost transpirace $1,84 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a stomatální vodivosti $0,57 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.
3. Rychlost transpirace na nízké konstrukci byla nejnižší u české odrůdy Premiant ($1,12 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
4. Stomatální vodivost na nízké konstrukci byla nejnižší u odrůdy Agnus ($0,36 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
5. Rychlost fotosyntézy na nízké konstrukci byla nejnižší u odrůdy Harmonie ($8,49 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
6. Na vysoké konstrukci dosáhly maximálních hodnot odrůdy Harmonie (rychlost fotosyntézy $6,2 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), Agnus (rychlost transpirace $0,27 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) a odrůda Premiant (stomatální vodivost $0,085 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).
7. Všechny hodnoty fyziologických charakteristik českých odrůd dosahovaly vyšších hodnot na nízké konstrukci. Konkrétně rychlost fotosyntézy o 56 %, rychlost transpirace o 508 % a stomatální vodivost o 560 %.
8. Odrůda First Gold se jeví v porovnání s českými odrůdami jako pozdnější.
9. Nízká konstrukce ve srovnání s konstrukcí klasickou zlepšuje osvětlení porostu a lepší využití světla. Omezuje se zastínění porostu.
10. Nejmhutnější habitus na nízké konstrukci měla odrůda Agnus, naopak nejslabší anglická odrůda First Gold.
11. Všechny české odrůdy na nízké konstrukci vykazovaly silnější habitus a vyšší olistěnost než na vysoké.

7. Přehled literatury

Altová, M.: Situační a výhledová zpráva chmel, pivo2007. Mze ČR 2007 ISBN 978-80-7084-601-8

Altová, M.: Situační a výhledová zpráva chmel, pivo2009. Mze ČR 2009 ISBN 978-80-7084-795-4

Bláha, L., Hniličková, H., Holubec, V., Hnilička, F.: Rostlina a stres. 1. vydání. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2003. 156 s. ISBN 80-86555-32-1.

Blatný, C., Osvald, V., Novák, J.: Abeceda pěstitele chmele. Brázda 1949

Brestič, M., Olšovská, K.: Vodný stres rostlín. 1. vydání. Nitra: SPU, 2001. 149 s. ISBN 80-7137-902-6

Glendinning, P.: Technické aspekty pěstování chmele na nízkých konstrukcích a potřeby dalšího výzkumu. Nízké konstrukce a výživa chmele, Sborník přednášek ze semináře konaného 9.2.2010. Chmelařský institut s. r. o., Žatec 2010. ISBN 978-80-86836-31-7

Hlaváček, F., Lhotský, A.: Pivovarství. STNL 1972

Hnilička, F., Petr, J., Hniličková, H., Bláha, L. The effect of abiotic stresses on rate of photosynthesis and formation of dry matter in winter wheat plants. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 36, 2005 (1): 1-9.

Hnilička, F. et. al.: Vliv vybraných abiotických stresorů na fotosyntézu a sušinu u odrůd pšenice ozimé, Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlín 2004, ČZU v Praze, 2004, 172 s.

Hniličková, H.: Vliv řízeného závlahového režimu na fotosyntetickou akumulaci energie do vegetativních a generativních orgánů chmele během vegetace. Disertační práce, ČZU Praha, 1999

Hniličková H., Duffek, J. The effect of water deficit and subsequent regeneration on selected physiological characteristic in tomatoes (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Scientia Agriculturae Bohemica*, 35, 2004 (1): 26-31.

- Hniličková, H., Hnilička, F.:** The influence of water stress on selected physiological characteristics in hop plant (*Humulus Lupulus* L.). IX.ESA Congress European Education and Research in Agronomy 2006. PL ISSN 0860-4088
- Ježek, J.:** Nízká konstrukce-posklizňové výsledky v 1. roce pěstování. Nízké konstrukce a výživa chmele, Sborník přednášek ze semináře konaného 9.2.2010. Chmelařský institut s. r. o., Žatec 2010. ISBN 978-80-86836-31-7
- Jůva, K., Filip, J., Hrabal A.:** Závlaha zemědělských kultur. Stráž 1981
- Kafka, K., Formánek, P., Trýzna, P.:** Distribuce ^{11}C v rostlinách chmele, Rostlinná výroba, 27, 1981 (1) : 11-18
- Kenny, S. T.** Photosynthetic measurements in Hop (*Humulus*). Acta Horticulturae. 668, 2005: 241-248
- Kincl, M., Krpeš, V.:** Základy fyziologie rostlin. 3 doplněné vydání. Ostravská univerzita. ISBN – 80-239-8375-X
- Kišgeci, J.:** Vodní režim biljaka hmelja u različitim uslovima avodnjavanja i mineralne isharene. Bilten za hmelj i sirak, VI., 1974 (20-21)
- Kopecný, J., Ježek, J.:** Výnos chmele ve vztahu k průběhu počasí. Technologie pěstování chmele, Sborník přednášek ze semináře konaného 6. 2 . 2008 Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-27-0
- Kopecný, J., Ježek, J.:** Vliv závlahy na výnos a kvalitu chmele. Chmelařství: Roč. 80. č. 11-12/2007. s. 149
- Kopecný, J., Ježek, J.:** Vliv závlah hybridních odrůd chmele na výnos a kvalitu. Technologie pěstování chmele, Sborník přednášek ze semináře konaného 15.2.2006. Chmelařský institut.
- Kořen, J., Rosa, Z.:** Pěstování chmele na nízké konstrukci v ČR a ve světě. Chmelařský institut s. r. o., Žatec 2008.
- Kostrej, A.:** Fyziológia porostu poľných plodín. VŠP Nitra, 1992
- Krieg, D. R. - Hutmacher, R. B.** Photosynthetic Rate Control in Sorghum: Stomatal and Nonstomatal Factors. Crop Sci. 26, 1986: s. 112-117.
- Kubišta, V.:** Metabolismus. In: Rosypal, S.: Přehled biologie. SPN, Praha, 1987, s. 166-176
- Larcher, E.:** Fyziologie rostlin. Academia Praha, 1988
- Linke, W., Rebl, A.:** Der Hopfen. Burnberg, 1950.
- Linke, W. :** Der Hopfenbau, Berlín, 1942
- Melichar, J., Starý, B.:** Atlas chorob a škůdců kulturních plodín, Díl IX: Atlas chorob a škůdců chmele. Československá akademie zemědělských věd 1959
- Mohl, A. :** Chmelařství I. a II.. Praha, 1924

- Miyashita, K., Tanakamaru, S., Maitani, T., Kimura, K.** Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *Environmental and experimental botany* 53. 2005. s. 205-214
- Nátr, L.:** Fotosyntéza. In.: Procházka, S., Macháčková, I., Krehule, J., Šebánek, J.: *Fyziologie rostlin*. Academia Praha, 1998, s. 89 – 196
- Nesvadba, V., Krofta, K.:** České odrůdy chmele. *Český chmel 2007*. MZE ČR. ISBN 978-807084-652-0
- Nesvadba, V.:** Šlechtění chmele na nízké konstrukce. *Nízké konstrukce a výživa chmele*, Sborník přednášek ze semináře konaného 9.2.2010. Chmelařský institut, 2010. ISBN 978-80-86836-31-7
- Němec, J. :** Závlahové období a vláhová potřeba chmele. *Chmelařství*, 57, 1984 (5) : 84 -85.
- Nobel, P., S.:** *Physiochemical and enviromental plant physiology*. Academic Press, San Diego, California, 1991.
- Novotný, M.:** *Závlaha poľných a špeciálných plodín*. *Príroda* 1990
- Palán, P., Vent, L., Zídek, J.:** Provozní ověřování pěstování chmele na nízké konstrukci (ústní sdělení, 2010)
- Pastyřík, V.:** *Chmelařství*. Ministerstvo zemědělství a výživy ,ČSR 1989
- Pejml, K. :** Příspěvek ke studiu vlivu počasí na průběh fenologických fází chmele a na jeho výnosy. *Meteorologické zprávy*, 5, 6, 1971.
- Procházka, S., Macháčková, I., Krehule, J., Šebánek, J. et al.:** *Fyziologie rostlin*. Akademie věd ČR. 1.Vydání, ISBN 80-200-0586-2
- Rubin, B. A.:** *Fyziologie rostlin*. Moskva 1963 , Nakladatelství československé akademie věd, Praha 1966
- Rybáček, V., Fric, V., Havel, J., Libich, V., Kříž, J., Makovec, K., Perlík, Z., Sachl, J., Srp, A., Šnobl, J., Vančura, M.:** *Chmelařství*. .1 vydání. Praha: SZN, 1980.
- Šantrůček, J.:** Vodní režim rostlin. In: Procházka, S. a kol. *Fyziologie rostlin*. 1.vydání. Praha: Academia, 1998. s. 52-88. ISBN 80-200-0586-2.
- Šebánek, J.:** *Fyziologie rostlin*, SZN 1983. DT 63: 581.4(075.8)
- Šesták, Z., Čatský, J.:** *Metody studia fotosyntetické produkce rostlin*. 1. vyd. Academia.1966. 396 s.
- Slánský, J., Sachl, J., Kopecký, J.:** Závěrečná zpráva úkolu R-I-5/10, Využití závlah ku zvýšení výnosu chmele, VÚCH, 1970

- Svoboda, P.:** Hodnocení zdravotního stavu sadby chmele. Chmelařská ročenka 2007. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s. ve spolupráci se Svazem pěstitelů chmele a s odborným časopisem Chmelařství, 2006. ISBN – 80-86576-24-8
- Tempír, Z.:** České chmelařské oblasti leží v území zrodu kulturního chmele. Český chmel 2005. Mze ČR
- Türkott, L.:** Studium fyziologických charakteristik u ozdraveného a neozdraveného chmele. Disertační práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006
- Vent, L., Antipovič, D., Beránek, F., Blatný, C., Drexler, O., Fiala, V., Fric, V., Gesner, M., Hautke, P., Klapal, I., Kříž, J., Libich, V., Pastyřík, V., Pejml, K., Perlík, Z., Petříček, D., Průša, V., Rybáček, V., Sachl, J., Skládal, V., Stejskal, J., Srp, A., Štys, Z., Vančura, M., Zajiček, E., Zelenka, V.:** Chmelařství - organizace a technologie výroby. 1. vydání. SZN Praha. 1963.
- Vent, L.:** Vliv závlahy na fyziologické charakteristiky chmele. Bakalářská práce, CZU v Praze, 2008.
- Vent, L.:** Zkušenosti s pěstováním chmele na nízkých konstrukcích v letech 2008-2009. Nízké konstrukce a výživa chmele, Sborník přednášek ze semináře konaného 9.2.2010. Chmelařský institut s. r. o., Žatec 2010. ISBN 978-80-86836-31-7
- Zattler, F.:** Über die Beeinflussung des Bitterstoffgehaltes der Hopfendolden durch mikroklimatische Faktoren. *Brauwelt*, 1960,
- Zattler, F.:** Agrarmeteorologische Beiträge zu Tauprobem auf Grund von Messungen in Hopfengarten. Pflanzenbau, 1932
- Zázvorka, V., Zima, F. :** Chmelařství. SZN Praha, 1956.
- Zelenka, V., Fiala, V.:** Jak a kdy roste chmel?, Chmelařství, č. 11, r. 33, 1960
- Zelenka, V., Sachl, J.:** Návrh na zpřesnění územní rajonizace výroby chmele v ČSR, 1961
- Zima, F., Zázvorka, V.:** Chmelařství. 1. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství republiky Československé. 1938. 132 s.
- (http://www.chizatec.cz/aoch_rubin.htm)** Datum stažení 21.2.2010, poslední revize 9.2 2010
- (<http://www.czhops.cz/index.php/cs/ceske-odrudy-chmele>)** Datum stažení 21.2.2010, poslední revize 6.12 2009
- (<http://www.czhops.cz/odrudy.html#harmonie>)** Datum stažení 31.1.2008, poslední revize 12.12 2007

(<http://www.czhops.cz/odrudy.html#sladek>) Datum stažení 31.1.2008, poslední revize
12.12 2007

(<http://www.czhops.cz/odrudy.html#agnus>) Datum stažení 31.1.2008, poslední revize
12.12 2007

(<http://www.czhops.cz/odrudy.html#premiant>) Datum stažení 31.1.2008, poslední revize
12.12 2007

(<http://www.wellhopped.co.uk/varietydetail.asp?VarietyID=UK-FG>)

8. Přílohy

Obr.I. Habitus odrůdy Premiant na nízké konstrukci k 9.6, 24.7 a 20.8 2009
(Ježek, 2010)



Obr.II. Habitus odrůdy Sládek na nízké konstrukci k 9.6, 24.7 a 20.8 2009
(Ježek, 2010)



Obr.III. Habitus odrůdy Agnus na nízké konstrukci k 9.6, 24.7 a 20.8 2009
(Ježek, 2010)



Obr.IV. Habitus odrůdy First Gold na nízké konstrukci k 9.6, 24.7 a 20.8 2009
(Ježek, 2010)



Obr.V. Habitus odrůdy Sládek na vysoké konstrukci k 9.6, 24.7 a 20.8 2009
(Ježek, 2010)



Obr.VI. Habitus odrůdy Premiant na vysoké konstrukci k 9.6, 24.7 a 20.8 2009
(Ježek, 2010)



Obr.VII. Habitus odrůdy Agnus na vysoké konstrukci k 9.6, 24.7 a 20.8 2009
(Ježek, 2010)

