

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Vliv rychlé dehydratace na fotosyntézu a transpiraci
u vybraných genotypů chmele**

Bakalářská práce

Autor práce: Eduard Kuzdas

Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině

Vedoucí práce: Ing. Helena Hniličková Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv rychlé dehydratace na fotosyntézu a transpiraci u vybraných genotypů chmele" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18. 4. 2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval především vedoucí bakalářské práce paní Ing. Heleně Hniličkové Ph.D. za věnovaný čas, cenné rady a vytrvalou pomoc při psaní.

Děkuji také mým rodičům za jejich pochopení a podporu během studia.

Vliv rychlé dehydratace na fotosyntézu a transpiraci u vybraných genotypů chmele

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá, jaký vliv má rychlá dehydratace na fotosyntézu a transpiraci u vybraných genotypů chmele. Literární část je zaměřena na chmelařství v České republice, na botanickou a biologickou charakteristiku chmele, tak i na jeho agrobiologické požadavky. V praktické části byly zvoleny metody gazometrických zkoušek a to působením vlivu rychlé dehydratace na fotosyntézu a transpiraci u vybraných odrůd chmele a porovnat reakci těchto genotypů. Vzorky chmele byly zajištěny z vybraného zemědělského podniku v Žatci. Zkoušky zahrnovaly stanovení hodnot rychlosti fotosyntézy, rychlost transpirace, stomatální vodivost a intracelulární koncentraci u 5 vybraných odrůd, které se prováděly na listových částech rostliny. Z provedených zkoušek vyplývá, že odrůda má vliv na transpiraci a rychlost fotosyntézy. Z výsledků plyne nutnost provedení opakování zkoušek, protože hodnoty vykazované použitým gazometrickým přístrojem se v určitých fázích měření diametrálně odlišovaly i u samotné odrůdy.

Klíčová slova: chmel, fotosyntéza, transpirace, vodní stres

Effect of rapid dehydration on photosynthesis and transpiration in selected genotypes of hops

Summary

The bachelor thesis deals with the influence of rapid dehydration on photosynthesis and transpiration in selected hop genotypes. The literary part is focused on hop growing in the Czech Republic, botanical and biological characteristics of hops and its agrobiological requirements. In the practical part, the methods of gazometric tests were chosen by the influence of rapid dehydration on photosynthesis and transpiration in selected hop varieties and compare the reaction of these genotypes. Hop samples were collected from a selected farm in Žatec. The tests included determination of photosynthesis rates, transpiration rate, stomatal conductivity and intracellular concentration in 5 selected varieties that were performed on leafy plant parts. The tests show that the variety has an effect on transpiration and photosynthesis rate. The results show the necessity to repeat the tests because the values of the used gazometric instrument differed diametrically in certain stages of the measurement in the variety itself.

Keywords: hops, photosynthesis, transpiration, water stress

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Historie pěstování chmele	11
3.1.1	Český chmel.....	11
3.1.2	Botanická a fyziologická charakteristika chmele	12
3.1.3	Podzemní a nadzemní části rostliny	13
3.1.4	Kryptovegetace	15
3.1.5	Vegetace	15
3.1.6	Škůdci chmele.....	16
3.1.7	Požadavky.....	16
3.2	Fotosyntéza	17
3.2.1	Význam fotosyntézy a transpirace pro rostliny	17
3.2.2	Světlo	18
3.2.3	Koncentrace CO ₂	19
3.2.4	Teplota	19
3.2.5	Voda.....	20
3.2.6	Rychlost fotosyntézy	20
3.3	Voda a vodní deficit	21
3.3.1	Transpirace	22
3.3.2	Rychlost transpirace E	23
3.3.3	Stomatální vodivost Gs.....	23
3.3.4	Intracelulární koncentrace C _i	23
3.4	Přehled a charakteristika pěstovaných genotypů chmele v ČR	24
3.4.1	POUŽITÉ ODRŮDY CHMELE	25
3.5	Vývoj pěstební plochy a výnosů v ČR	29
3.5.1	Vývoj pěstební plochy a výnosu od roku 1989	29
3.5.2	Legislativa pěstování chmele v ČR	30
3.5.3	Evidence chmelnic.....	30
3.5.4	Certifikace.....	31

4	Metodika	33
4.1	PRINCIP GAZOMETRIE	33
4.1.1	GAZOMETRICKÉ MĚŘENÍ FOTOSYNTÉZY A TRANSPIRACE.....	33
4.2	Metodika pokusu	34
4.2.1	Měření vybraných genotypů chmele.....	34
4.2.2	Parametry a jednotky	35
5	Výsledky	36
5.1	Výsledky pokusu	36
5.1.1	Grafy	36
6	Diskuze	40
7	Závěr	42
8	Literatura	43

1 Úvod

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*), latinský název *humulus* vznikl patrně ze stejného základu, jako staroněmecké humle (chmel). *Lupulus* zase jako zdrobnělinalatinského *lupus* (vlk), podle toho, že jiné rostliny chmel omotává, a tím jim škodí (Osvěta, 1982). Český název je odvozen od staroslovanského slova *chmejl*, což v překladu znamená opilství, to nám napovídá, že se již v minulosti používal pro výrobu alkoholického nápoje (Basařová, 2011). Pěstování chmele má v českých zemích tisíciletou tradici (Rybáček, 1980). Česká republika patří mezi největší producenty chmele na světě, svým podílem zaujímá třetí místo po Německu a USA. Přes 80 % produkce tuzemského chmele je určeno na export. Je to tedy významný exportní artikel (Český chmel, 2012). Hodnota vyváženého chmele ročně dosahuje úrovně přibližně 1 mld. Kč. Ne nadarmo náš chmel označujeme jako „zelené zlato“ (Vent, 2002). Chmel je jedna ze základních surovin pro výrobu piva, kdy mu pomáhá při spoluvytváření sensorických vlastností a kvalitativních parametrů. Využití chmele v pivovarnickém průmyslu zcela převládá. Hlávky samičích květů (chmelové šištice) nebo extrakt z nich se používají v pivovarnictví při výrobě piva, obsahují totiž hořčiny (lupulin), které mu dodávají chuť a aroma. Jelikož květy ztrácejí po opylení na kvalitě, je třeba dbát na to, aby se ve chmelnici nevyskytovaly samčí rostliny. Pro výrobu piva se používají chmelové pelety, které jsou výhodnější zejména z hlediska přepravy a skladování (Pleskotová, 1976). Uplatnění však chmel nachází i mimo tento průmysl, a to například v kulinářství a lékařství. Mladé výhonky chmele se dodnes někdy užívají jako zelenina („chmelový chřest“). Z výhonků se též připravují polévky, omelety, ale také se nakládají (Pleskotová, 1976). V medicíně byl dokonce využíván ještě před pivovarstvím, v homeopatii se používá esence z čerstvých žlázek jako diuretikum, antiafrodisiakum nebo narkotikum (Osvěta, 1982). Sušenými chmelovými listy a hlávkami se dříve vycpávaly polštáře pro lepší spaní. V lidovém léčitelství se také využívá jako sedativum a také povzbuzuje chuť k jídlu. Sbírají se mladé výhonky, které zatím neprorostly na světlo a obsahují hodně vitamínů skupiny B i minerálních látek. Čaj z chmelových žlázek pomáhá proti nespavosti, působí močopudně a užívá se při křečích svalů (Osvěta, 1982). V roce 2008 se Česká republika domohla chráněného zeměpisného označení „České pivo“. Toto označení nám říká, že pivo bylo vyrobeno tradičními metodami v České republice či v zahraničí. Pivo musí mít dané charakteristické vlastnosti, vyrobeno správným technologickým postupem a splňovat musí i složení a kvalitu surovin. Suroviny zahrnují pouze vodu, ječný slad českého typu, pivovarské kvasnice pro spodní kvašení a Žatecký chmel (SVZ, 2012). České pivo vyvážíme na všechny kontinenty do více než 60 zemí. Největšími importéry jsou Německo, Slovensko, Polsko, Velká Británie, Rusko a USA (Kovařík, 2013).

2 Cíl práce

Deficit vody v chmelařské praxi má vážné dopady na produkci chmele. Studium vlivu nedostatku vody na základní fyziologické procesy rostlin je proto velmi aktuální. Cílem práce je využít metody rychlé dehydratace k vyhodnocení vlivu na fotosyntézu a transpiraci u vybraných genotypů a porovnat reakci těchto genotypů.

3 Literární rešerše

3.1 Historie pěstování chmele

První ojedinělé zprávy o chmelu pocházejí z 8. a 9. století. Na přelomu tisíciletí zpráv přibývá a je zřejmé, že šlo o plodinu významného hospodářského využití. Již začátkem druhého tisíciletí se chmel z Čech vyvážel po Labi do sousedních zemí. Rozšíření systematického pěstování došlo už ve 12. století, které potvrzuje Chládek (2007).

V seznamu vyváženého zboží z Čech z roku 1101 je i chmel, který se dostával v Hamburku na známé "Forum humuli", kde byl hodnocen zvláštními znalci. Nadační listina Vratislava II. z roku 1088 ukládá knížecím statkům povinnost odevzdávat vyšehradskému kostelu desátek chmele. K významnému rozšíření a zvelebení chmelařství došlo za panování císaře Karla IV., který si byl vědom předností chmele pěstovaného v Čechách. Z některých jeho opatření je zřejmý i určitý způsob ochrany směřující proti vývozu sádky i dozor nad jeho pěstováním. Chmel se pěstoval na mnoha místech v Čechách (Rosa, 2007).

Postupně se jeho pěstování soustřeďovalo na Rakovnicko, Lounsko, Ústecko a Klatovsko. Vytvářela se sdružení měšťanů, která vydávala platné řády pro pěstitele chmele a současně vznikaly nové profese zabezpečující ochranu chmele - dozorcí, cejchovníci, měřiči aj. V období třicetileté války (1618 až 1648) bylo pěstování chmele v českých zemích vážně ohroženo, což bylo příležitostí pro jiné země k rozšíření jeho pěstování. V této době se sádky českého chmele používala pro zakládání chmelnic v Braniborsku, Slezsku, Bavorsku, Štýrsku, Bádensku, v Rusku a jinde (Hops, 2013).

K dalšímu rozmachu chmelařství v českých zemích došlo za Josefa II. Mnohé posudky z druhé poloviny 18. století potvrzují, že již tehdy měl český chmel výbornou kvalitu. Použito je vyjádření univerzitního profesora Neumana z roku 1759, který doslovně uvádí: "V tom je jednomyslnost, že Čechy mají nejlepší chmel". S rozvojem pivovarnictví a obchodu v 18. a zejména 19. století se objevují i některé negativní průvodní jevy, jako je snaha prodávat za český chmel i méně hodnotné zboží. Dříve přijatá opatření nestačila, proto byla zřízena v roce 1884 Známkovna chmele v Žatci. Od této doby byla přijata řada zákonných opatření. Připomínají se zákony ze začátku 20. století, z dvacátých let, zákonná opatření po druhé světové válce a nejnovější zákon o chmelu č. 97/1996 Sb (Hops, 2013).

3.1.1 Český chmel

Chmel je vedle sladu a vody základní pivovarskou surovinou, která se přímo podílí na konečné kvalitě piva. Chmel dodává pivu typickou hořkou chuť, přispívá k charakteristickému arómu a má další důležité technologické vlastnosti. Vlivem požadavku pivovarů se světový trh polarizoval na dvě základní skupiny chmele. Jedná se o skupinu aromatických chmelů, jejichž charakteristickým znakem je čistě jemné chmelové aróma a skupinu tzv. hořkých chmelů s vysokým obsahem hořkých kyselin (Basařová, 2011). Ve skupině aromatických chmelů je z hlediska pivovarnického vysoce ceněn žatecký poloraný červeňák, který je i na náročném světovém trhu stále uznáván jako standard špičkové kvality. Dává pivu jemné chmelové aróma bez vedlejších nepříjemných vůní

a pachů. Sama odrůda prošla dlouhodobým vývojem, kdy se v průběhu staletí vytvořily a upevnily její biologické vlastnosti. Nejcennější složky žateckého chmele jsou především chmelové pryskyřice a silice. Z hlediska hořkosti jsou nejdůležitější skupinou tzv. chmelové pryskyřice, které jsou tvořeny celou řadou chemicky podobných sloučenin. Z nich pro tvorbu hořkosti piva jsou nejdůležitější alfa-hořké kyseliny. Jejich izomerizační produkty jsou hlavními nositeli hořkosti. Účinnost ostatních složek pryskyřic, jako beta-pryskyřice, tvrdé pryskyřice a nespecifikované měkké pryskyřice mají vliv podstatně nižší. Žatecký aromatický chmel je charakteristický poměrem alfa-hořkých kyselin k beta-frazi přibližně 1:1,5 (Chládek, 2007). Druhou, neméně významnou skupinou obsahových složek chmele jsou jeho silice. Čerstvý aromatický chmel obsahuje zpravidla 0,1 až 0,5% silic, které jsou směsí několika stovek látek převážně terpenického charakteru. Jsou nositeli chmelového aróma, jehož kvalitou se aromatické chmele výrazně odlišují od ostatních chmelů. Přibližně tři čtvrtiny celkových silic tvoří uhlovodíky, jejichž nejznámějšími představiteli jsou myrcen, humulen, karyofylen a farnesen, patřící do skupiny monoterpenů a seskviterpenů. Žatecký chmel je typický obsahem farnesenu, který většina ostatních odrůd postrádá. Podle soudobých poznatků jsou pro výrobu jakostních piv vhodné chmele s nízkým obsahem monoterpenů myrcenu a s vyšším obsahem seskviterpenů humulenu, karyofylenu a farnesenu. A právě takové složení obsahového spektra chmelových silic poskytuje žatecký chmel (Rosa, 2007). Jemné aróma žateckého chmele umožňuje jeho použití i pro různé alternativní postupy chmelení. Vysoké kvalitativní hodnocení žateckého chmele s ohledem na jeho poměrně vyšší cenu vede pivovárníky k nutnosti diferencovaného dávkování. Kombinací dávky hořkého chmele na začátku chmelovaru a dávky žateckého chmele ke konci chmelovaru je možné dosáhnout jak požadované hořkosti, tak jemného chmelového aróma (Rosa, 2005). V pivovarském průmyslu, zejména při výrobě kvalitních značkových piv, hraje nezastupitelnou roli žatecký aromatický chmel. Jen tak lze vyrobit pivo s nevtíravým a přitom lahodným chmelovým aróma, které je v souladu s ostatními chuťovými složkami a je zárukou jeho vysoké kvality (Altová a kol., 2008).

3.1.2 Botanická a fyziologická charakteristika chmele

Chmel otáčivý je vytrvalá bylina, obvykle se silným svislým oddenkem a velkým počtem podzemních výhonků. Toto je nejvyšší liána mírného pásu a botanicky patří do čeledi konopovitých (Cannabaceae), řádu kopřivovitých (Urticaceae) (Vent, 2002). Rod *Humulus* L. je tvořen třemi druhy a to *Humulus lupulus* L., *Humulus japonicus*, *Humulus yunnanensis*, přičemž odrůdy chmele určené ke komerčnímu pěstování patří do posledního jmenovaného (Fragó, Ůrgerová). Chmel je rostlina pravotočivá, která vyrůstá do 7 – 8 metrů, přičemž denně přiroste o 10 cm po oteplení až o 35 cm. Rostliny začínají kvést v červenci, přičemž hlávky vytvoří za 3 – 4 týdny (Vent, 2002). Jako vlhkomilná rostlina se planý chmel otáčivý vyskytuje v olšínách, na okrajích lesů, v lužních lesích, ale především v pobřežních křovinách potoků a řek, kde vytváří mohutné porosty. Kulturní rostliny se nejčastěji vysazují na rovinatých plochách, nebo v širokých otevřených údolích. Nejvhodnější je pro pěstování mírně kyselá půda (permské červené půdy Žatecka) se slabě kolísající hladinou podzemní vody (Hejný, 1988). K vysokému výnosu chmele potřebujeme dobrou morfologickou strukturu chmelové rostliny, tedy velkou asimilační plochu a vysoký počet vytvořených

pazochů s potřebnými násadami hlávek. Velikost listové plochy, podíl mladých a starých fotosynteticky dospělých listů, ovlivňuje rychlost fotosyntézy (Hnilička, Hniličková, Hejnák, 2002). Jako trvalka vydrží na jednom místě 20-25 let. Stárnutí se projevuje změnami ve složení chmelových pryskyřic, silic a dalších složek chmele způsobených oxidací. Stářím porostu chmele dochází ke klesání výnosového potenciálu a obsahu alfa – hořkých kyselin. Starší porosty také hůře snášejí vlivy nepříznivého počasí (Štranc, 2013).

3.1.3 Podzemní a nadzemní části rostliny

Kořenová soustava je tvořena 4 až 7 hlavními kúlovými kořeny sahajícími do hloubky 3 až 6 metrů, koncovými kořínky (kořenové vlášení) a zásobními hlízkami tvořící se v hloubce 40 cm (Hejný, 1988).

Soustava lodyžních orgánů (tzv. "babka") je tvořena druhotným (pod zemí modifikovaným) lýkem (ztloustlé lodyhy), dělí se na staré (víceleté) dřevo, mladé (letošní) dřevo a vlky rostoucí ze strany babky a sloužící k vegetativnímu rozmnožování (mají anatomickou stavbu lodyhy, ale internodia jsou dále od sebe a jejich barva je tmavší). Na vrchní části babky jsou v několika očkách nad sebou pupeny, z nichž vyrůstají chmelové klíče, které raší nad zemí. Z mladého dřeva vyrůstají letní horizontální kořeny, které se dále intenzivně větví (Hejný, 1988). Vegetativní soustava je tvořena lodyhou (révou), která se dělí na články (internodia), pravotočivá, šestihranná, porostlá háčkovitými chlupy, jimiž se přidržuje opory. Z každého kolénka révy vyrůstají párově trojčetné, nebo pětičetné révové listy, z jehož paždí vyrůstají pazochy opět se dělící na články. Z článků pazochů vyrůstají párově srdčité nebo trojčetné pazochové listy. Z paždí pazochových listů vyrůstají plodonosné větvíčky, které se dále větví. Generativní soustava na vrcholech lodyhy, pazochů a plodonosných větvíček vyrůstá v květenství chmele (šišťice nebo lata). Samičí květenství šišťice (obrázek 2) je tvořena věténkem s článkovitou zalomenou stavbou, článků je 8 až 16, úhel zalomení by měl být 90°, z článku vyrůstají 2 listeny krycí a 4 listeny pravé, za každým je 1 semeník, žlázky lupulinu jsou pak na všech částech šišťice (hlávky) (Hejný, 1988).

Stonek

Tenká čtyřhranná pravotočivá lodyha dosahuje výšky kolem 3-5 m, někdy dokonce až 10 m. Povrch stonku je drsný a porostlý háčkovitými chlupy, které napomáhají při popínání (Chinery, 1998).

List

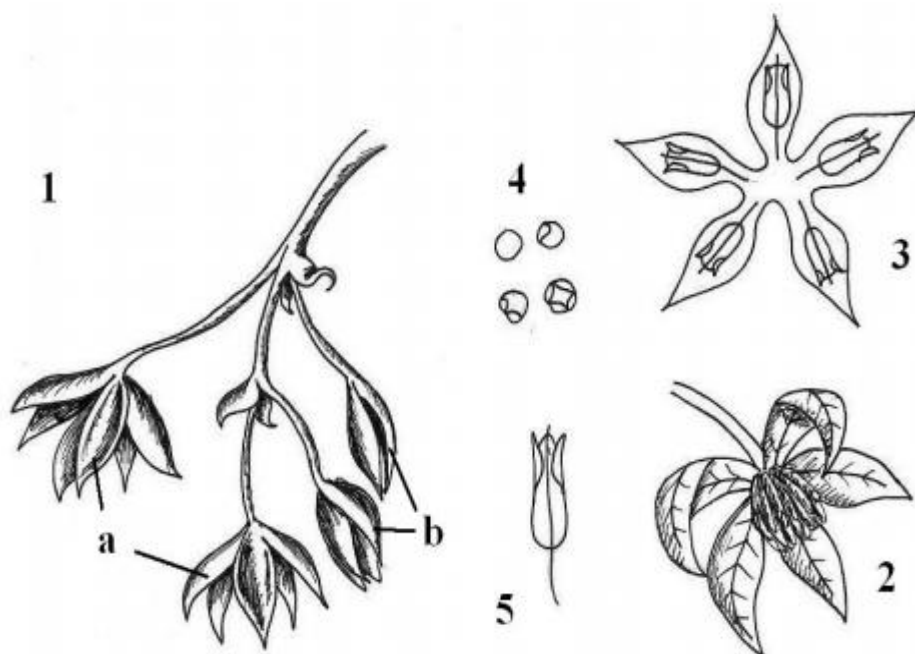
Ve střední části lodyhy jsou listy vstřícné, dlanité a dlouze řapíkaté, s vejčitou až okrouhlou čepelí, která je 3 – 5klaná až 3 – 5dílná, dosahují šířky až kolem 20 cm. Okraj listů je pilovitý a jejich báze je hluboce srdčitá. Povrch na svrchní části listu je tmavě zelený a drsný, zatímco spodní strana je světlejší se žlutými žlázkami. Na bázi řapíku se nacházejí dva téměř srostlé blanité palisty. V horní části lodyhy jsou listy menší, převážně střídavé a často celistvé nebo laločnaté. Jejich šířka se pohybuje kolem 6-10 cm (Květena, 1988).

Květ

Samčí rostliny (obrázek 1) mají na konci lodyh v úžlabí listů vrcholičnaté lody prашníkových květů. Zelenavá samičí květenství se skládají z krátkých klásků, z nichž se vytvářejí vejčité šištice, které v úžlabí listů vyrůstají po dvou. Až 2 cm dlouhé šupiny šištice pokrývají zlatožluté lupulinové žlázy (Květena, 1988).

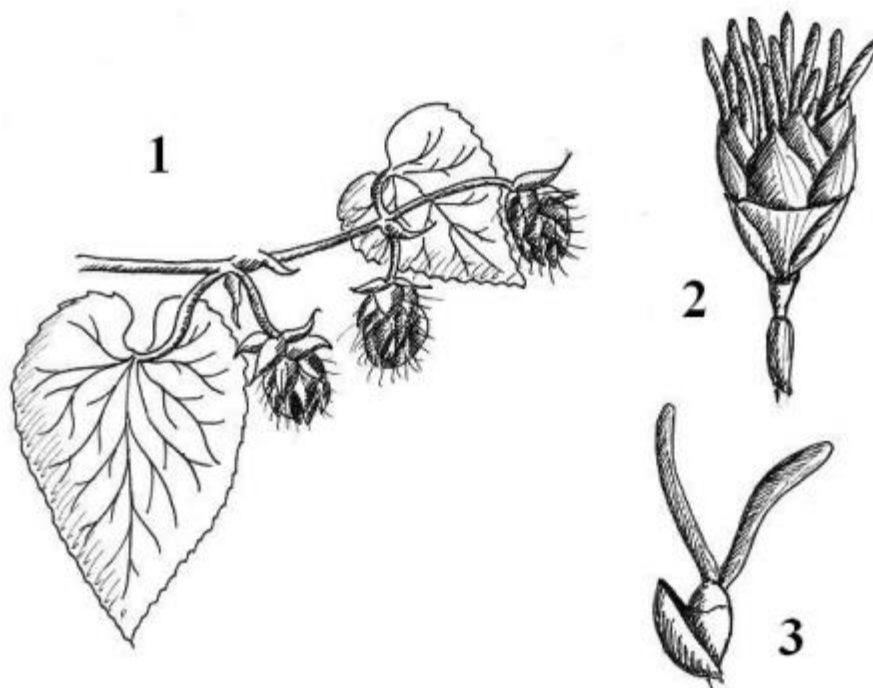
Plod

Plod je z obou stran zploštělá vejcovitá nažka. Plodenství chmele otáčivého jsou převislá, až 6 cm dlouhá, se zvětšenými suchými žlutavými listeny (Květena, 1988).



Obrázek 1: Samčí květenství (1): a) poupata, b) květy otevřené květ (2), schéma květu (3), pylovázná (4), prašník (5)

Zdroj: Rybáček, 1980



Obrázek 2: Samičí květenství na větvičce (1), jednotlivé samičí květenství (2), jednotlivý samičí květ (3)

Zdroj: Rybáček, 1980

3.1.4 Kryptovegetace

Přípravné období začíná odumřemím nadzemní části révy, kdy dochází k přerušení růstu na podzim probuzených pupenů. V období hlubokého klidu spící pupeny nelze žádným způsobem probudit. V období vynuceného klidu je růst pupenů zadržován především nízkou teplotou. Období podzemního růstu klíčů začíná probuzením klíčů a končí jejich vyrašením (ÚKZÚZ).

3.1.5 Vegetace

- **fáze rovného růstu** začíná vyrašením výhonů a končí plným vytvořením 3 nadzemních článků, révy rostou rovně, každý článek je dlouhý asi 20 cm, živiny pochází hlavně ze zásob;
- **fáze zavádění** rév začíná po vytvoření 3 nadzemních článků, révy se začínají pravotočivě ovíjet a povyroste asi o metr, končí počátkem tvorby pazochů, réva zavedená na opoře roste rychleji, z nového dřeva rostou horizontální letní kořeny;
- **fáze pazochování** začíná vytvořením základů pazochů v paždí každého révového listu a končí vytvořením paliček. Réva by měla dosáhnout stropu konstrukce chmelnice. Hlavním zdrojem živin je nyní fotosyntéza působící přes révové a pazochové listy a horizontální letní kořeny;

- **fáze paličkování** začíná vytvořením viditelných základů květenství (paliček, butonů) a končí na počátku osýpky (kvetení). Paličky se objevují na plodonosných větvíčkách, na vrcholech rév a pazochů;
- **fáze osýpky** začíná hromadným objevením čnělek s bliznami v malých hlávkách a končí jejich zakvétáním. Tlumí se růst rév a intenzivně rostou pazochy, pazochové listy a plodonosné větvíčky;
- **fáze hlávkování** začíná růstem hlávek do délky a končí jejich uzavřením. Růst rév a pazochů se zastavuje, vzrůstá přesun živin do babky a zásobních hlíz;
- **fáze technické zralosti** začíná když jsou hlávky uzavřené, "šustivé" a uvnitř "lepkavé", v této době mají v sobě nejvíce pivovarsky cenných látek, trvá přibližně 14 dní;
- ve **fázifyziologického dozrávání** hlávky hnědnou, množství pivovarsky cenných látek se snižuje, začíná odumírání nadzemních částí rostliny (Vrzalová, Fric, 1994).

Chmel je rostlina dvoudomá, a proto se vždy na jednom jedinci nachází jen jeden druh květu, buď samčí, nebo samičí. Od sebe se odlišují stavbou (Vrzalová, Fric, 1994).

3.1.6 Škůdci chmele

Plíseň chmelová (*Pseudoperonospora humuli*) je houbová choroba, která napadá výhony, listy a následně hlávky. Rozšiřuje se hlavně za teplého a vlhkého počasí. Listy jsou pokryty žlutozelenými skvrnami a později hnědnou a opadávají, hlávky po napadení získají rezavý nádech. Za velmi vlhkých a teplých let může způsobit rozsáhlé hospodářské škody.

Padlí chmelové (*Sphaerotheca humuli*) je mykotická choroba, která se rozšířila hlavně v 90. letech. Na svrchní straně listů se vytváří bělavé povlaky, které postupně přecházejí na hlávky.

Mšice chmelová (*Phorodon humuli*) na spodní straně listů sají rostlinné šťávy a zanechává na nich lepkavé výkaly, které jsou pak živnou půdou pro rozšíření saprofytických hub.

Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*) sáním na listech způsobuje puchýře, listy žloutnou až postupně zešednou, při silném výskytu zasychají a opadávají. Hlávky získají cihlově červené zbarvení a výrazně se zhoršuje jejich kvalita (Kopecký a kol. 2008).

3.1.7 Požadavky

Chmel má největší požadavky na vodu, kterou mu naše chmelařské oblasti dodávají ve srážkách v nedostatečné míře. Chmel si proto bere velké množství vody z rosy. Spodní voda by měla být asi ve 2 metrech či hlouběji. V době vyžívání hlávek jsou však deště nevhodné, a to ze 2 důvodů - podporují peronosporu, hlávky jsou velké, hrubé a prorostlé (Basařová, 2010).

Chmel má nejraději půdy hlinité až jílovitohlinité, ale spokojí se i s půdami hlinitopísčitými. Hloubka ornice by měla být 40 cm a neměla by ležet na tvrdém podloží. Nejvíce mu vyhovují ornice, které mají pH 5,6 – 7,5 (Chládek, 2007).

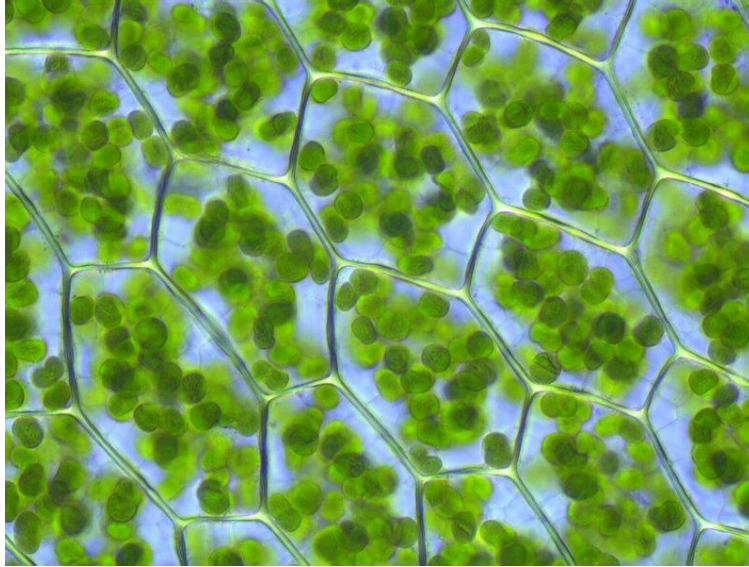
Chmel začíná růst při teplotě 4°C, ale během růstu své požadavky na teplo zvyšuje. Největší požadavky má v době tvorby hlávek. Vyhovují mu oblasti s průměrnými ročními teplotami, a to 8 – 10 °C. Vadí mu teplotní výkyvy (Basařová, 2010).

Chmel je též velmi náročný na světlo, vhodná je tedy orientace řádků severojižní. Paličky se totiž tvoří jen při dostatečném množství světla, a proto jsou spodní pazychy v hustých porostech neplodné. Nejnáročnější je chmel na živiny. Na 1 tunu hlávek potřebuje 90 kg N, 17,5 kg P, 83 kg K, 101 kg Ca, 16,5 kg Mg a spoustu stopových prvků (Mo, Cu, B, Mn, Fe, Zn, S) (Zimolka a kol, 2008).

3.2 Fotosyntéza

3.2.1 Význam fotosyntézy a transpirace pro rostliny

Fotosyntéza (obrázek 4), z řeckého *phōs* – „světlo“ a *synthesis* – „skládání“, nebo také fotosyntetická asimilace, je složitý biochemický proces, při kterém se mění přijatá energie světelného záření na energii chemických vazeb (Šebánek, 1983). Využívá světelného, např. slunečního záření k tvorbě (syntéze) energeticky bohatých organických sloučenin – cukrů – z jednoduchých anorganických látek – oxidu uhličitého (CO₂) a vody (Šebánek, 1983). Fotosyntéza má zásadní význam pro život na Zemi. Fotosyntéza probíhá v chloroplastech eukaryotních buněk a v chromatoforech prokaryot. Chloroplasty (obrázek 3) jsou plastidy v cytoplazmě rostlin (především v listech) obsahujících asimilační barviva, ve kterých probíhá fotosyntéza. Mají dvojitou membránu, obsahují vlastní DNA a ribozomy. Obvykle jsou zeleně zbarveny díky chlorofylu (Voet, Voetová, 1995). V základní plazmatické hmotě chloroplastů (stromatu) jsou malé, okrouhlé, na sebe navrstvené destičky (grana), které tvoří soubor uzavřených dvojitých lamel (thylakoidů) obsahujících fotosyntetická barviva (pigmenty). Průběh se dělí do dvou fází. Ve světelné fázi barevné pigmenty pohlcují světlo, z něhož získávají energii pro následné děje. V této fázi dochází k rozkladu vody a uvolnění kyslíku, který pak využívají i jiné organismy k dýchání. Biochemické děje v temnostní fázi již světlo nepotřebují, ale využívají energii, která z něj byla ve světelné fázi získána. V této fázi dochází k zabudování oxidu uhličitého do molekul cukrů, které dále slouží buď jako zásobárna a zdroj energie, nebo jako stavební složky pro tvorbu složitějších molekul např. polysacharidů a glykosidů. Procesy temnostní fáze probíhají v cyklech a liší se podle druhu organismu. Vnější faktory, na nichž průběh fotosyntézy závisí, jsou světlo, teplota, voda a koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu (Voet, Voetová, 1995). Rozlišujeme fotosyntézu oxygenní, při které vzniká kyslík a pro jejíž zahájení je potřeba voda a anoxygenní, při které kyslík nevzniká a do jejího zahájení nezasahuje voda, přičemž rozeznáváme různé typy anoxygenní fotosyntézy podle toho, zda je pro její zahájení potřeba sulfan, nebo organické kyseliny (Procházka, 1998).



Obrázek 3: Chloroplast v elektronickém mikroskopu

Zdroj: Peters, 2006

3.2.2 Světlo

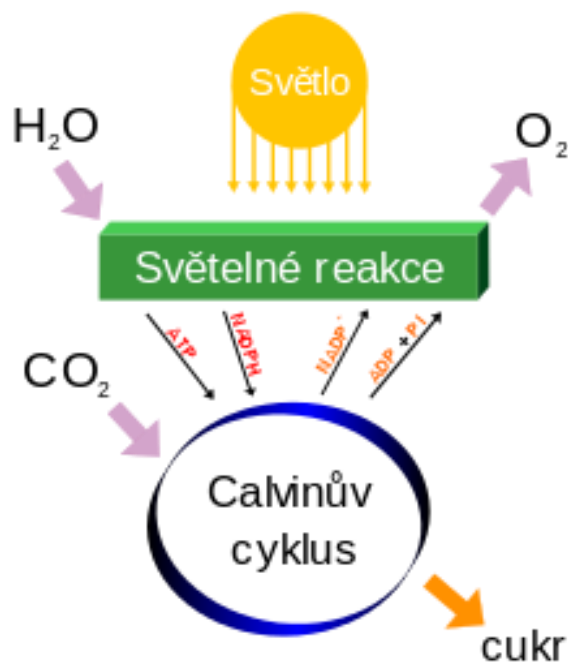
Fotosyntézu ovlivňuje spektrum a intenzita světelného záření.

Světelná křivka fotosyntézy – závislost rychlosti fotosyntézy na intenzitě světla.

Spektrum vhodné pro fotosyntézu (FAR) je v rozmezí 380–760 nm. Přejedem od červených k fialovým paprskům se kvantový zisk snižuje, i když se snižující se absorpce chlorofylů částečně kompenzuje doprovodnými pigmenty. Jejich efektivnost je však menší než u chlorofylů. Minimální intenzita světla pro začátek fotosyntézy je u různých rostlin různá. Některým stačí již intenzita petrolejové lampy, řasy (Algae) fotosyntetizují v hloubce vody, kde má záření intenzitu měsíčního světla (Šebánek, 1983). S přibývajícím intenzitou světla se rychlost fotosyntézy zvyšuje. V okamžiku, kdy se příjem a výdej CO_2 vyrovná, nastává tzv. kompenzační světelný bod. Rychlost fotosyntézy pak dále roste až do bodu světelného nasycení, kdy se ustálí. Při vysokých intenzitách světla vzniká velké množství kyslíkových radikálů, které by mohly porušit fotosystém II, a tak zastavit fotosyntézu. Rostliny proto obětují bílkovinu D1 (OEC – bílkovinný komplex s manganem, který vyvíjí kyslík), aby zamezily vzniku nebezpečných radikálů. Tuto bílkovinu mohou rostliny při zlepšení podmínek velmi rychle opět nasyntetizovat, protože gen pro její vznik je uložen v DNA chloroplastu. Rostliny se proti vysoké intenzitě světla brání tím, že na čas přerušují svůj fotosyntetický aparát. Závislost intenzity světla znázorňuje světelná křivka fotosyntézy (Šebánek, 1983).

Rostliny se podle požadavků dělí na světlomilné a stínomilné. Stínomilné (sciofyty) vyžadují nižší intenzitu světla. Obsahují více zelených a žlutých pigmentů (chlorofyly, xanthofyly), intenzivněji využívají modrofialové světlo. Odpovídá jim uvedená světelná křivka. Světlomilné (heliofyty) mají vysoké požadavky na intenzitu světla. Obsahují méně karotenoidů a intenzivněji využívají červené světlo. Jejich světelná křivka fotosyntézy

má menší úhel a delší podíl „lineární části“. Kompenzační bod a bod světelného nasycení leží při vyšších intenzitách záření (Šebánek, 1983).



Obrázek 4: Fotosyntéza

Zdroj: Mayer, 2008

3.2.3 Koncentrace CO₂

Vzdušný oxid uhličitý je hlavním dodavatelem oxidu pro fotosyntézu. Jeho koncentrace ve vzduchu kolísá od 0,02–0,03 %. Nejnižší koncentrace, při níž začíná fotosyntéza, je 0,008–0,01 %. Při zvyšování koncentrace se rychlost fotosyntézy zvyšuje. Místo, kde je příjem a výdej CO₂ vyrovnán, se nazývá kompenzační bod. Fotosyntéza se dále zvyšuje až do nasycení, kdy se ustálí (0,06–0,4 %). Zvyšováním za hranici 2 – 5 % oxidu uhličitého ve vzduchu fotosyntéza ustane. (Šebánek, 1983). Graf čisté fotosyntézy v závislosti na koncentraci CO₂ začíná u C₃-rostlin v záporných hodnotách. Důvodem je výrazná fotorespirace. C₄-rostliny mají mechanismus zajišťující koncentrování oxidu uhličitého (Hatch-Slackův cyklus) a fotorespirace je u nich téměř potlačena. Proto také dosáhnou bodu nasycení dříve (Voet, Voetová, 1995).

3.2.4 Teplota

Průběh reakcí obecně urychluje zvýšení teploty o 10 °C 2 – 3 krát. Rychlost fotosyntézy závisí na teplotě exponenciálně a limitujícím faktorem je intenzita světla. Jelikož teplota ovlivňuje i další fyziologické pochody, je závislost fotosyntézy na ní složitá (Jahodář, 2000). Při nízkých teplotách rostliny fotosyntetizují pomalu. Zvyšováním teploty rychlost roste až po hranici teplotního optima. Poté pomalu klesá a při 35–45 °C se zastavuje.

Současně s fotosyntézou se však zvyšuje i dýchání a obě rychlosti se zvyšují nerovnoměrně (tabulka 1).

Vliv teploty na fotosyntézu se výrazněji projevuje při vyšší intenzitě světla. Různý vliv má teplota u C3 a C4-rostlin. Evolucí rostlin došlo k adaptaci na různé teplotní podmínky (Šebánek, 1983).

Tabulka 1: Teplotní rozhraní pro průběh fotosyntézy u jednotlivých typů rostlin

Rostlina	Minimum
Jehličnany	-15 až -5 °C
Ozimá pšenice	-5 až 0 °C
Teplomilné rostliny	3 až 5 °C
Rostliny mírného pásu	okolo 0 °C
Subtropické rostliny	0 až 2 °C
Vodní tropické rostliny	4 až 8 °C
Rostliny	Optimum
mírného pásu	25 až 30 °C
přízemní	8 až 15 °C
vodní teplomilné	40 °C
Rostliny	Maximum
některé vysokohorské	12 °C
teplomilné	50 °C (až 80 °C)

Zdroj: Šebánek, 1983

3.2.5 Voda

Působnost vody je přímá i nepřímá, a proto je závislost fotosyntézy na vodě složitá.

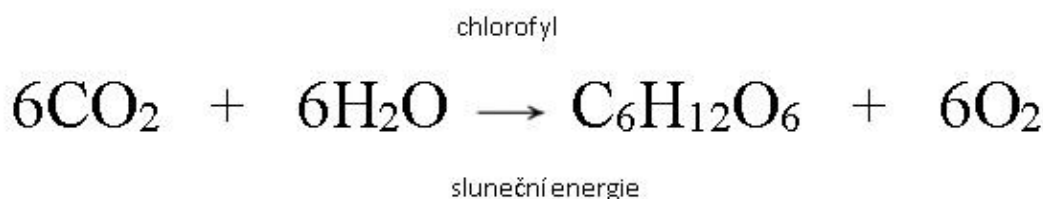
Voda působí jakodonor vodíku. Hydratuje asimilační pletiva, ovládá regulaci velikosti štěrbin průduchů, transpiracia ovlivňuje růst asimilační plochy. Přivádí ionty prvků a rozvádí asimiláty. Maximální rychlost fotosyntézy je při vodním deficitu 5–25 % plného nasycení vodou. V rozmezí deficitu 40–60 % se rychlost výrazně snižuje a klesá k nule. Snížení množství vody vede k zavírání průduchů, a tím k menšímu příjmu oxidu uhličitého.

Nedostatek vody ovlivňuje i složení produktů fotosyntézy. Převládají spíše jednoduché látky (např. sacharidy a aminokyseliny) a tvorba makromolekulárních látek (bílkovin) je snížena (Šebánek, 1983).

3.2.6 Rychlost fotosyntézy

Rychlost fotosyntézy se nejčastěji stanovuje z měření produkce O₂ nebo spotřeby CO₂. Závisí na řadě faktorů, vnitřních i vnějších, které nepůsobí samy o sobě, ale vzájemně

podmíněně. Z vnitřních faktorů jde zejména o množství chlorofylu, stáří listů a minerální výživu. Mezi vnější činitele patří čtyři faktory. Světlofotosyntézu ovlivňuje spektrálním složením, které se mění s výškou Slunce a intenzita záření. Rostoucí intenzita může rychlost zvyšovat jen do určité úrovně (Vodrážka, 1993). Koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší je asi 0,03% (není optimální, rostliny potřebují více), závislost rychlosti fotosyntézy na množství oxidu uhličitého je přibližně stejného charakteru jako u světla. Lze zvýšit přesunutím rostlin do skleníku (Vodrážka, 1993). Teplota výrazně ovlivňuje fotosyntézu, u našich rostlin je optimum asi 15–25 °C, při teplotách nad 30°C nastává výrazný pokles rychlosti (Šebánek, 1983). Voda je zcela nezbytná, nedostatek se projevuje uzavíráním průduchů, což způsobí zastavení přístupu CO₂ (Vrzalová, Fric, 1994).

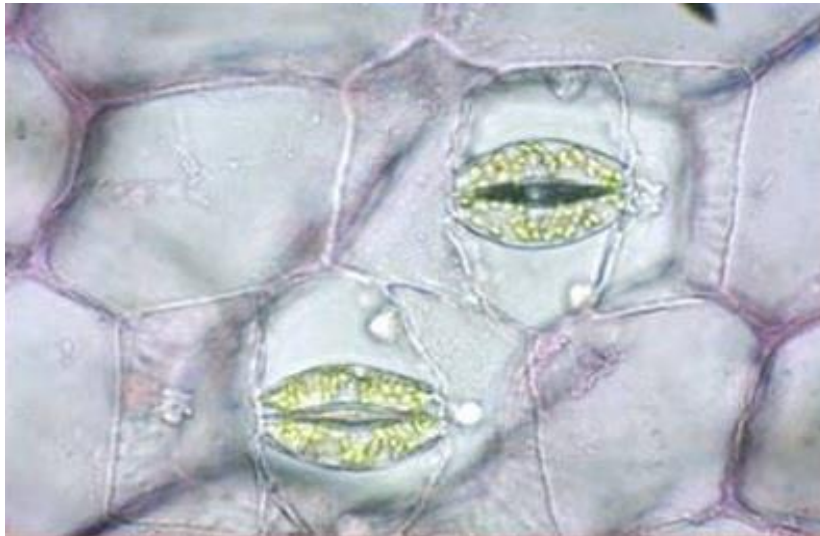


Obrázek 5: Základní rovnice fotosyntézy

Zdroj: Vlastní zpracování

3.3 Voda a vodní deficit

Voda je základní složkou živé buňky. Čerstvohmotnost rostlinného pletiva tvoří z 80 – 90 % voda. Tvoří prostředí pro metabolické procesy a transport asimilátů. Účastní se fotosyntézy a zároveň je i součástí buněčné struktury, kdy podmiňuje životaschopnost buňky. Voda je důležitá pro pevnost rostlinného pletiva, aby rostlina mohla udržovat tvar a postavení listů. Rostlina pomocí vodných roztoků přijímá minerální soli a plyny. V rostlině každá buňka přijímá a vydává vodu a z toho plyne, že vodanení ve stálém stacionárním stavu. Všemi rostlinnými buňkami tedy protéká proud vody. Voda je přijímána kořenovým systémem, transportována rostlinou a vydávána z nadzemních částí ve formě páry do vzduchu. Před vysycháním chrání povrch rostliny málo propustná kutikula a rychlost transpirace, která závisí na epidermální vodivosti a je regulována otevřeností průduchů (obrázek 6). Dosycování pletiv, nebo naopak vodní deficit, vzniká poměrem rychlosti absorpce vody a transpirace (Petr et.al, 1987). Při nedostatku vody dochází ke snížení rychlosti fotosyntézy, které je způsobeno jednak poklesem aktivity chloroplastů, tak zpomalením příjmu CO₂ uzavíráním průduchů (Šantrůček, 1998). Přejídný vodní deficit vznikající během dne umožňuje vytvoření gradientu vodního potenciálu mezi půdou a vypařujícím se povrchem rostliny. Ten je nutný pro překonání existujících transportních odporů, a tak je zajištěn transport vody odpovídající rychlosti transpirace. Nedostatek vody velmi výrazně ovlivňuje produktivitu porostu, u kterého především zpomaluje růst rostlin, protože dělení buněk je možné jen při jejich dostatečném nasycení vodou (Petr et.al, 1987).

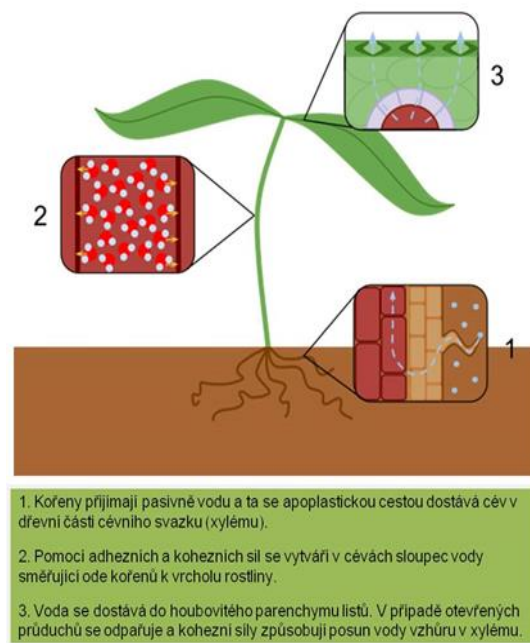


Obrázek 6: Průduch

Zdroj: Baláž, 2001

3.3.1 Transpirace

Transpirace (obrázek 7) je výdej vody povrchem rostlin, respektive listem. Je ukončením tzv. transpiračního proudu, který vede vodu z kořenů cévními svazky do listů. Transpiraci dělíme na tři typy: pokožková - kutikulární, povrchem epidermálních buněk krytých kutikulou, průduchová - stomatální a peridermální či lenticelární transpirace. Transpirace umožňuje zásobování všech částí rostliny vodou a minerálními živinami, zabraňuje přehřívání listů. Zajišťuje správný průběh fotosyntézy a dýchání. Souvislé rostlinné porosty transpirací vyrovnávají teplotní rozdíly mezi dnem a nocí. Proto jsou na územích bez vegetace (např. pouště) velké rozdíly mezi denní a noční teplotou. Příbuzným jevem je gutace, kdy dochází k výdeji vody v kapalně formě. Mechanismus průduchové transpirace je regulován otvíráním a zavíráním průduchů. Většina vody přijatá rostlinou je opět vydána do prostředí ve formě vodních par. V noci převládá příjem vody, ve dne transpirace. Celkové množství vody přijaté rostlinou je vysoké. Např. jedna rostlina kukuřice spotřebuje za jedno vegetační období asi 200 litrů vody (Vinter, 2009). Význam transpirace spočívá hlavně v tom, že pohání transpirační proud, má termoregulační funkci. Dále význam transpirace má i při výměně plynů, snižuje teplotní rozdíly zemského povrchu (Macháček, 2005). Faktory ovlivňující transpiraci dělíme na dvě skupiny, vnější a vnitřní. Mezi vnější patří teplota, vlhkost a pohyb vzduchu (vítr), dále pak velikost odpařovací plochy a dostatek dostupné vody v půdě. Mezi vnitřní pak samotná anatomie a morfologie listu (tloušťka kutikuly, velikost a umístění průduchů) (Vinter, 2009).



Obrázek 7: Nákres průběhu transpirace

Zdroj: Laurel, 2013

3.3.2 Rychlost transpirace E

Jedná se o odpařování vody z listů. Transpirační tok umožňuje příjem vody z kořenů, tím přísun minerálů. Pouze asi 1% této vody se využije na rozklad vody ve fotosyntéze. Transpirační tok je poháněn slunečním zářením, které zvyšuje teplotu v mezibuněčných prostorech a zvyšuje tak odpar vody uvnitř listu oproti okolí. Rychlost transpirace je tedy závislá na vodivosti průduchů, na vlhkosti a teplotě vzduchu v okolí listu. Dále pak na efektivitě záchytu sluneční radiace také na rychlosti jeho proudění kolem listu (Šantrůček, 1998).

3.3.3 Stomatální vodivost G_s

Jedná se o parametr charakterizující otevřenost průduchů. Čím jsou průduchy otevřenější, tím je větší hodnota stomatální vodivosti. Blíže souvisí s rychlostí transpirace a závisí na difúzní vodivosti tzv. povrchové vrstvy listu. Míra otevřenosti stomat reguluje vodní výpar a difúzi CO_2 do listu. V některých případech je pro fotosyntézu limitující (Šantrůček, 1998).

3.3.4 Intracelulární koncentrace C_i

Intracelulární koncentrace C_i neboli koncentrace CO_2 v mezibuněčných prostorech listu. Tento parametr odráží rovnováhu mezi procesy uvolňujícími CO_2 , spotřebovávajícími CO_2 a rychlostí difúze CO_2 do listu přes průduchy. Vypočítává se z rychlosti transpirace, fotosyntézy a celkové vodivosti. Pro správný výpočet C_i je potřeba, aby stomatální vodivost

byla v rámci celé měřené plochy homogenní stomata musí být alespoň částečně otevřena (Šantrůček, 1998).

3.4 Přehled a charakteristika pěstovaných genotypů chmele v ČR

Podle ÚKZÚZ Česká republika patří mezi největší producenty chmele na světě. Hlavní pěstovanou odrůdou je Žatecký poloraný červeňák, který patří do skupiny jemných aromatických chmelů. Chmel v České republice se pěstuje ve třech oblastech, a to v oblastech žatecké, ústecké a trštické. Mimořádné klimatické a půdní podmínky přispívají k výjimečnému aromatickému charakteru českých chmelů. Žatecký chmel je stále světově nejuznávanějším aromatickým chmelem. Mimo Žateckého poloraného červeňáku se v polovině devadesátých let začaly pěstovat také další české odrůdy. V roce 1995 byly do Listiny povolených odrůd ČR zařazeny odrůdy Bora Sládek, v roce 1996 to pak byla odrůda Premiant, v roce 2001 Agnus, v roce 2004 odrůda Harmonie a v roce 2007 odrůda Rubín. Tyto odrůdy splňují podmínku vyššího obsahu alfa-hořkých látek a vyššího výnosu, přičemž v ostatních znacích se kvalitativně blíží klasickému žateckému chmelu. Nové odrůdy se zdají být především vhodné pro tzv. druhé chmelení a v případě odrůdy Agnus prvního chmelení. V roce 2008 byly registrovány dvě odrůdy. První je Kazbek, odrůda aromatického typu vhodná například pro druhé chmelení, nejen do tradičních tuzemských typů pív, ale také zahraničních. Kazbek je užíván také na studené chmelení pro své specifické kořenité - citrónové aroma. Tato odrůda je zařazována i do odrůd tzv. kategorie flavour hops. Druhou odrůdou zaregistrovanou v tomto roce je Vital. Hořká odrůda šlechtěná zejména pro farmaceutické a biomedicínální účely (vysoký obsah xanthohumolu nebo DMX). V pivovarství je používána pro první a druhé chmelení a zařazována do kategorie "dual purpose". V roce 2010 byly zaregistrovány další dvě odrůdy. Odrůda Saaz late je jemně aromatického typu a vykazuje díky původu z Žateckého poloraného červeňáku velmi podobné pivovarské vlastnosti. Dosahuje vyššího výnosu. Je rovněž vhodná pro druhé a třetí chmelení. Odrůda Bohemie patří do skupiny aromatických chmelů a svůj genetický původ má z části z odrůd Sládek nebo Žatecký poloraný červeňák. Chmel české proveniencí podléhá ve světovém měřítku unikátní certifikaci s garancí (ÚKZÚZ).

3.4.1 POUŽITÉ ODRŮDY CHMELE

SAAZ LATE

Hořké látky	Veškeré pryskyřice	15-22 % w.
	a-hořké látky	3,5-6 % w.
	β-hořké látky	4,0-6,5 % w.
	Kohumulon	20-25 % w.
	Kolupulon	39-43 % w.
	Hmotnost silic	0,5-1,0 g/100 g
	Myrcen	25-35 % rel.
	2-undekanon	0,4-0,8 % rel.
	4-dekonová kyselina, ME	0,5-1,0 % rel.
	Chmelové silice	Karyofylen
Humulen		15-25 % rel.
Farnesen		15-20 % rel.
	Selinen	3-5 % rel




Zdroj: Atlas českých odrůd chmele

Obrázek 8: Saaz Late

Odrůda Saaz Late (obrázek 8) byla získána výběrem z potomstva F1 generace po rodičovské kombinaci rozpracovaného šlechtitelského materiálu, který má v původu Žatecký poloraný červeňák. Odrůda je pozdního charakteru.

Pivovarské použití: Saaz Late je aromatická odrůda pro druhé a třetí chmelení. Aroma je pravé, jemné, chmelové (Nesvadba, 2008).

HARMONIE

	Veškeré pryskyřice	22-26 % w/w	
Hořké látky	a-hořké látky	5-8 % w/w	
	β-hořké látky	5-8 % w/w	
	Podíl a/β	0,80-1,20	
	Kohumulon	17-21 % rel.	
	Kolupulon	35-40 % rel.	
	Hmotnost silic w/w	1,0-2,0 % w/w	
	Myrcen	30-45 % rel.	
	Linalol	0,7-1,2 % rel.	
Chmelové silice	2-undekanon	0,6-1,0 % rel.	
	4-dekonová kyselina, ME	1,0-2,0 % rel.	
	Karyofylen	6-11 % rel.	
	Humulen	15-25 % rel.	
	Farnesen	<1,0 % rel.	
	Selinen	10-19 % rel.	
Chmelové polyfenoly	Veškeré polyfenoly	3,5-4,5 % w/w	
	Xanthohumol	0,4-0,7 % w/w	

Obrázek 9: Harmonie

Harmonie (obrázek 9) 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. První pivovarské testy i ověřovací zkoušky v českých pivovarech poukazují na dobrou kvalitu, a to především na intenzitu a kvalitu vůně piva.

Pivovarské použití - aromatická odrůda vhodná pro druhé chmelení. Aroma je kořenité, chmelové (Nesvadba, 2008).

RUBÍN

	Veškeré pryskyřice	22-27 % w/w
Hořké látky	a-hořké látky	9-12 % w/w
	β-hořké látky	3,5-5 % w/w
	Podíl a/β	2,5-3,2
	Kohumulon	25-33 % rel.
	Kolupulon	45-52 % rel.
	Hmotnost silic	1,0-2,0 % w/w
	Myrcen	30-45 % rel.
	Linalol	0,3-0,5 % rel.
	2-undekanon	0,2-0,6 % rel.
Chmelové silice	4-dekonová kyselina, ME	1,0-1,5 % rel.
	Karyofylen	7-10 % rel.
	Humulen	15-25 % rel.
	Farnesen	< 1,0 % rel.
	Selinen	10-17 % rel.
Chmelové polyfenoly	Veškeré polyfenoly	3,0-4,5 % w/w
	Xanthohumol	0,45-0,75 % w/w




Zdroj: Atlas českých odrůd chmele)

Obrázek 10: Rubín

Rubín (obrázek 10) byl získán výběrem z potomstva odrůdy Bor a samčí rostliny, která je několikanásobným křížencem hybridního materiálu (Žatecký poloraný červeňák a Northern Brewer). Název je odvozen od barvy révy. Odrůda byla zaregistrována v roce 2007. Pivovarské použití - hořká odrůda, dual purpose vhodná pro druhé chmelení. Aroma je kořenité až hrubě kořenité (Nesvadba,2008).

VITAL

	Veškeré pryskyřice	25-30 % w/w		
Hořké látky	a-hořké látky	12-16 % w/w		
	β-hořké látky	6-10 % w/w		
	Podíl a/β	1,6-2,1		
	Kohumulon	21-26 % rel.		
	Kolupulon	45-50 % rel.		
	Hmotnost silic w/w	1,5-2,5 %		Zdroj: Atlas českých odrůd chmele)
Chmelové silice	Myrcen	40-60 % rel.		
	Linalol	0,5-0,9 % rel.		
	2-undekanon	1,0-2,5 % rel.		
	4-dekonová kyselina, ME	1,5-3,0 % rel.		
	Karyofylen	5-8 % rel.		
	Humulen	2-5 % rel.		
	Farnesen	1-3 % rel.		
	Selinen	7-15 % rel.		
Chmelové polyfenoly	Veškeré polyfenoly	3,5-4,5 % w/w		
	Xanthohumul	0,7-1,0 % w/w		
	DMX	0,25-0,4% w/w		

Obrázek 11: Vital

Vital (obrázek 11) byl získán výběrem z potomstva F1 generace matečné odrůdě Agnus a z rozpracovaného šlechtitelského materiálu. Je výsledkem šlechtění chmele pro farmaceutické a biomedicínální účely, vykazuje vysoký obsah xanthohumolu a desmethylxanthohumolu, které mají příznivý vliv na lidské zdraví. Z toho důvodu byl zvolen název Vital (jako "zdraví"). Odrůda byla zaregistrována v roce 2008. Pivovarské použití - hořká odrůda, dual purpose pro první a druhé chmelení. Aroma je kořenité, chmelové (Nesvadba, 2008).

BLATO

Hořké látky	Veškeré pryskyřice	13-20 % w.
	a-hořké látky	2,5-4,5 % w.
Chmelové silice	β-hořké látky	4,0-6,0 % w.
	Kohumulon	23-26 % w.
	Kolupulon	39-43 % w.
	Hmotnost silic	0,4-0,8 g/100 g
	Myrcen	25-40 % rel.
	2-undekanon	0,5-0,9 % rel.
	4-dekonová kyselina, ME	1,0-1,75 % rel.
	Karyofylen	6-9 % rel.
	Humulen	15-30 % rel.
	Farnesen	14-20 % rel.
	Selinen	0,5-1,5 % rel.



Zdroj: Atlas českých odrůd chmele

Obrázek 12: Blato

Blato (obrázek 12) je jeden z devíti klonů pěstovaný z odrůdy Žatecký poloraný červeňák, který byl získán klonovou selekcí v původních porostech. Pivovarské použití – Blato je jemná aromatická odrůda pro druhé a třetí chmelení, případně studené chmelení. Vůně chmelových hlávek je charakterizována jako standard vysoké kvality. Jedná se o pravou, jemnou, chmelovou vůni (Nesvadba, 2010).

3.5 Vývoj pěstební plochy a výnosů v ČR

3.5.1 Vývoj pěstební plochy a výnosu od roku 1989

Podle údajů ÚKZÚZ tradičními chmelařskými oblastmi v Čechách je Ústecko a Žatecko, na Moravě pak Tršticko. Nejvíce chmelnic na území někdejšího Československa bylo ve třicátých letech dvacátého století nejvíc vztyčeno. Od roku 1990 (tabulka 2) dochází k postupnému snižování ploch chmelnic, protože pěstitelé ztratili jistotu, že jejich chmel stát odkoupí. Od roku 1993 rozloha chmelnic neustále klesá také zejména vlivem podstatně nižší poptávky po českém chmelu v zahraničí. V roce 1995 jsou odrůdy Bor a Sládek zapsány do Listiny povolených odrůd. V roce 1996 byla povolena další hybridní odrůda Premiant. V roce 1997 byl přijat nový zákon na ochranu chmele, který nahradil zákon z roku 1957, v tomto roce též došlo k největšímu polistopadovému snížení ploch chmelnic, a to o 1904 ha (20,4 % plochy v roce 1996) a v roce 1998 o dalších 1818 ha (24,4 %). V roce 2000 byl zákon na ochranu chmele novelizován a vyhláškou byly stanoveny nové chmelařské oblasti a chmelařské polohy. Nyní je tedy v žatecké oblasti začleněno 322 obcí. V roce

2001 byla povolena odrůda chmele Agnus, která se pěstuje na 2 ha pokusných ploch a která by se měla stát první českou vysokoobsažnou odrůdou. Po roce 2001 pěstební plocha v ČR pomalu klesá, naopak výnos je poměrně stabilní a nyní dokonce výnos našich chmelnic opět mírně roste. Nyní rozloha našich chmelnic je 5020 ha sklizňové plochy (ÚKZÚZ).

3.5.2 Legislativa pěstování chmele v ČR

Státní kontrola je v České republice tvrdší než v jiných zemích Evropské unie a vylučuje jakoukoliv manipulaci i míchání odrůdy, jak k tomu v některých případech u Žateckého poloraného červeňáku bývá za našimi hranicemi. Označování a ověřování chmelu, kontrola zpracování, mísení, ošetřování a uvádění do oběhu produktů, které podléhají společné tržní organizaci pro chmel, se řídí bezprostředně závaznými předpisy Evropských společenství. Evropská komise uděluje ochranné známky "chráněné označení původu" (PDO) a "chráněné zeměpisné označení" (PGI). První známka, kterou dostal žatecký chmel je přísnější, 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. Také proto bylo v roce 2007 uznáno Evropskou unií chráněné označení původu „Žatecký chmel“ (obrázek 13), pro Žatecký poloraný červeňák vypěstovaný a zpracovaný v Žatecké chmelařské oblasti. Pouze chmelové produkty označené tímto logem zajišťují ověřenou originalitu tradičního žateckého chmele ze Žatecké chmelařské oblasti. V rámci Evropské Unie se jedná o první chráněné označení původu týkající se chmele a o jedno z prvních označení udělené českému zemědělskému nebo potravinářskému výrobku (Žatecký chmel, 2007). Chmelařské oblasti jsou oblasti vhodné pro produkci chmele; chmelařskými oblastmi jsou Žatecko, Úštěcko a Tršicko. Chmelařské oblasti se mohou členit na chmelařské polohy, které jsou součástí chmelařských oblastí. Chmelařskými polohami jsou na Žatecku Podlesí a Údolí Zlatého potoka a na Úštěcku Polepská Blata. Prováděcí právní předpis stanoví, kterými katastrálními územími jsou jednotlivé chmelařské oblasti a chmelařské polohy vymezeny.

3.5.3 Evidence chmelnic

Chmelnice podléhají evidenci, kterou vede Ústav. Producent, který chmelnici nově založil, je povinen požádat Ústav, a to nejpozději do 30. dubna kalendářního roku, o zařazení chmelnice do evidence. Součástí žádosti je kopie katastrální mapy s vyznačením plochy chmelnice a uvedení odrůdy chmele. Podrobnosti žádosti stanoví prováděcí právní předpis. Ústav rozhodne o přidělení evidenčního čísla nově založené chmelnici. Producent je povinen chmelnici tímto evidenčním číslem viditelným způsobem označit a toto označení po celou dobu zařazení chmelnice v evidenci udržovat. O převodu chmelnice na jiného producenta rozhodne Ústav na základě žádosti. Zrušení nebo převod chmelnice nebo změny údajů stanovených prováděcím právním předpisem je producent povinen písemně ohlásit Ústavu do 1 měsíce od provedené změny (MVČR, Sb. 1996).

3.5.4 Certifikace

Certifikací se deklaruje kvalita a původ chmele; certifikace zahrnuje označování chmele producentem a ověřování kvality a původu chmele Ústavem. Producent je povinen označit každý obal s chmelem označovacími štítky a uzavřít každý obal s chmelem plombami. Označovací štítky a plomby vydává Ústav na vyžádání; plomby Ústav vydá za úhradu. Po ukončení sklizně a označení všech obalů s chmelem je producent povinen vystavit doklad o počtu a váze označených obalů podle katastrálních území a odrůd chmele. Tento doklad předá s nepoužitými označovacími štítky Ústavu bez zbytečného odkladu, nejpozději však do 30. listopadu příslušného kalendářního roku. Náležitosti dokladu, označovacích štítků a plomb, stanoví prováděcí právní předpis. Ověřování zahájí Ústav na základě podané žádosti k ověření chmele. Ústav ověří pouze producentem označený chmel pocházející z chmelařských oblastí, který splňuje požadavky stanovené předpisy Evropských společenství a chmelové produkty vyrobené z ověřeného chmele nebo ověřených chmelových produktů. Jestliže Ústav zjistí, že podmínky pro vydání ověřovací listiny byly splněny, žádosti vyhová a ověřovací listinu vydá, v opačném případě, při zjištění, že podmínky splněny nebyly, rozhodne o zamítnutí žádosti (MVČR, Sb. 1996).



Chráněné označení původu „Žatecký chmel“

Obrázek 13: Chráněné označení původu

Zdroj: Žatecký chmel, 2007

Tabulka 2: Zobrazená rozloha pěstební plochy, výnos a průměrný výnos chmelnic v ČR (ÚKZÚZ)

Rok	Plocha (ha)	Výnos (t)	Průměrný výnos (t/ha)
1989	10468	10795	1,03
1990	10435	9123	0,87
1991	10385	9782	0,95
1992	10522	8538	0,81
1993	10547	9417	0,89
1994	10201	9220	0,9
1995	10071	9770	0,97
1996	9355	10294	1,13
1997	7451	7412	0,99
1998	5633	4896	0,87
1999	5991	6543	1,08
2000	6095	4864	0,798
2001	6075	6621	1,09
2002	5968	6442	1,08
2003	5942	5526,8	0,93
2004	5838	6310,7	1,08
2005	5672	7831,2	1,38
2006	5414	5453,4	1,01
2007	5389	5630,6	1,04
2008	5345	6752,79	1,27
2009	5307	6616	1,25
2010	5210	7772	1,49
2011	4632	6088	1,31
2012	4366	4338,1	0,99
2013	4319	5330	1,23
2014	4460	6202	1,39
2015	4622	4843	1,05
2016	4775	7712	1,61
2017	4945	6796,79	1,37
2018	5020	5126,42	1,02

Zdroj: ÚKZÚZ, 2019

4 Metodika

4.1 PRINCIP GAZOMETRIE

Gazometrické metody jsou založeny na měření spotřeby CO_2 při fotosyntéze. Měření fotosyntézy je přímé. Gazometrické systémy jsou založeny na měření rozdílu koncentrace CO_2 a H_2O ve vzduchu vstupujícím do asimilační komory s asimilujícím objektem a ve vzduchu vystupujícím z asimilační komory. Tyto změny jsou detekovány infračerveným plynovým analyzátozem. Pro měření CO_2 využívá LCpro+ (obrázek 15) princip nerozptýleného infračerveného záření NDIR. Ten je založen na skutečnosti, že CO_2 absorbuje záření v infračervené oblasti v poměru ke koncentraci plynu (Hnilička, 2004).

4.1.1 GAZOMETRICKÉ MĚŘENÍ FOTOSYNTÉZY A TRANSPIRACE

Rychlost fotosyntézy je základním kamenem fyziologického stavu rostlin na stanovišti v terénu. Odpověď rostliny na působení stresových faktorů v okolním prostředí se významně projevuje změnami v rychlosti fotosyntézy. Rychlost fotosyntézy je vyjádřena jako rychlost příjmu CO_2 jednotkou listové plochy za jednotku času. Rychlost transpirace E je vyjadřována jako množství vody vypařené jednotkou listové plochy za jednotku času. K určení těchto veličin se používá tzv. gazometrické měření fotosyntézy a transpirace pomocí infračervených plynových analyzátozů. Tato metoda využívá schopnosti CO_2 a vodní páry absorbovat infračervené záření (Lambers, 1998). Pokusy byly založeny ve sklenících ČZU v Praze. U vybraných genotypů chmele byl uskutečněn test, jaký vliv má rychlá dehydratace na fotosyntézu a transpiraci. Jako měřicí přístroj byl použit infračervený analyzátoz LCpro+ (obrázek 14). Metoda je založena na měření vybraných parametrů u dekapitovaného listu po dobu zvoleného časového intervalu.



Obrázek 14: LCpro+ (přenosný přístroj na měření výměny plynů, s měřicí komůrkou)

Zdroj: ADC BioScientific, 2019

4.2 Metodika pokusu

4.2.1 Měření vybraných genotypů chmele

Pokus jsme zahájili zapnutím přístroje infračervený analyzátor LCpro+a provedli jeho kalibraci. Změřili jsme měli fotosyntézu a transpiraci u všech vybraných genotypů chmele dekapitaci listů z rostliny, následně pak vyhodnotit parametry a výsledky porovnat mezi sebou. Mezi pomůcky, které byly potřebné k provedení, byly použity: infračervený analyzátor LCPro+ systém broad - gazometrický přístroj. Chemikálie: natronové vápno, bezvodý síran vapatý a síran železitý. Jako materiál jsme vzali tři chmelové listy z každé odrůdy. Použité odrůdy byly následovné: Saaz late, Blato, Harmonie, Rubín a Vital, které byly vypěstované a dovezené ze zemědělského podniku Žatec. Pokus byl vykonán ve skleníku, kde teplota se pohybovala kolem 25°C. Chmel byl před provedením pokusu uchován ve skleníku za normálních podmínek. Rostliny byly staré přibližně 2 měsíce a dosahovaly výšky 1 metru. Po samotné kontrole přístroje a kalibraci průtokoměru jsme nastavili podmínky měření. Zkontrolovali jsme čerstvost chemikálií a na přístroj nasadili bombičku s CO₂. Během kalibrace jsme ještě vložili rostlinu do tmy. Dále pak následovala samotná práce s rostlinou. Nejprve jsme vzali a odstříhli list z rostliny. List jsme vložili do asimilační komory, pro stabilizaci parametrů jsme vyrovnali průtoky referenčního i vzorkového vzduchu a nastavili měření na dobu 30 minut. Z každé odrůdy jsme změřili tři listy. Měření jsme spouštěli s použitím ozáření o hodnotě: 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Po měření jsme vypli světlo, přísun CO₂, regulaci relativní vlhkosti a teploty vzduchu. Následně jsme vypnuli také přístroj a všechny hodnoty, které nám přístroj naměřil jsme přenesli do počítače. Pomocí programu MS Excel jsme pak vypočítali průměry hodnot A, Gs, Ci a E v saturaci a vytvořili grafy k porovnání.



Obrázek 15: Ukázka měření přístrojem LCpro+

Zdroj: Hnilička, 2004

4.2.2 Parametry a jednotky

- A rychlost fotosyntézy [$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$],
- E rychlost transpirace [$\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$],
- g_s stomatální vodivost [$\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$],
- C_i intracelulární koncentrace CO_2 [$\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$].

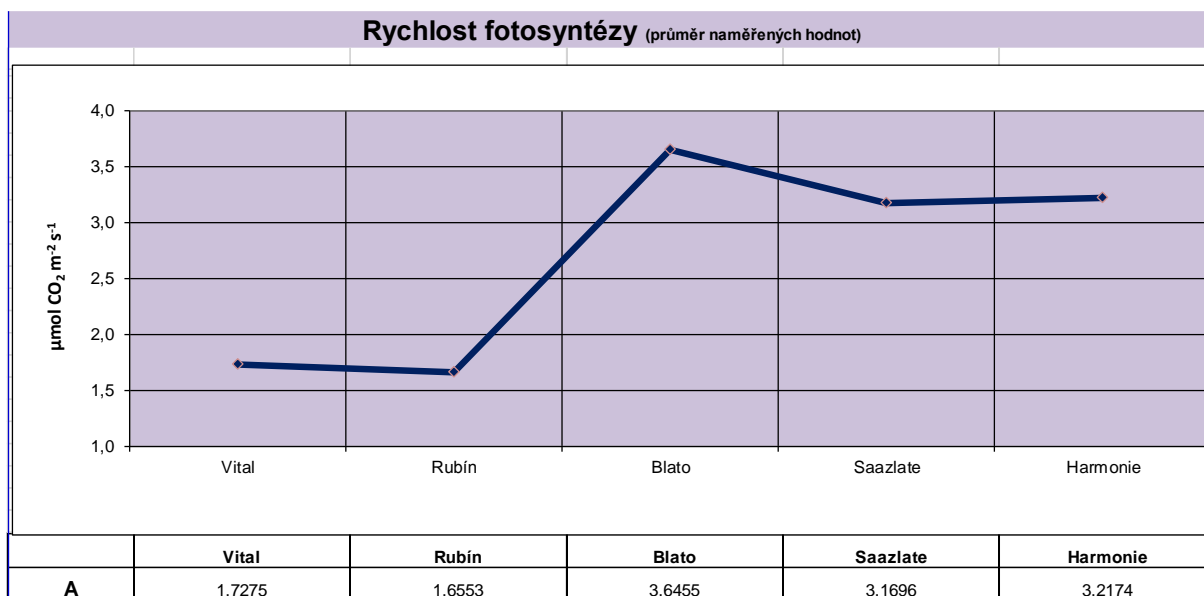
5 Výsledky

5.1 Výsledky pokusu

Výsledky pokusu z gazometrického přístroje LCpro+byly zaznamenány a přeneseny do počítače, kde se pomocí programu MS Excelz uložených a zadaných hodnot vytvořily grafy. Přístroj hodnotil 4 parametry a ke každému parametru byl přidělen graf. Na jednotlivých grafech se pak vynesly hodnoty měřených parametrů a k němu byly přiřazené i všechny testované odrůdy. Na grafu jsou viditelné hodnoty Ci, Gs, A, E. Z grafů lze vyčíst, že hodnoty E – rychlost transpirace a hodnoty A – rychlost fotosyntézy, které nás zajímaly nejvíce, vykazují výrazný rozdíl použitých odrůd. U obou grafů jsou výsledky dost podobné. Rychlost transpirace a fotosyntézy v obou případech dosahovala nejvyšších hodnot odrůda Blato a nejnižších Vital a Rubín. U hodnot Gs – stomatální vodivost a Ci – intracelulární koncentrace pak nastala menší změna, kdy stomatální vodivost byla největší u odrůdy Harmonie a nejnižšími hodnotami pak opět disponovali Vital a Rubín. Nejvyšší hodnoty intracelulární koncentrace byly naměřenyopět u odrůdy Harmonie, za ní pak Rubín a zbylé odrůdy se udržovalyna shodné úrovni.

5.1.1 Grafy

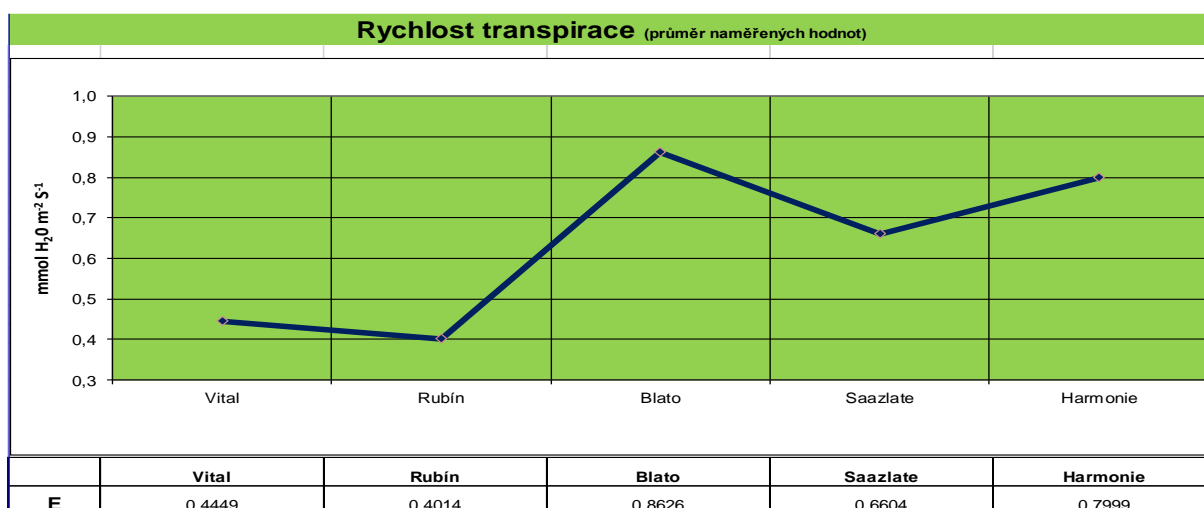
Na grafu (obrázek 16) jsou zobrazené výsledky naměřených hodnot všech pěti vybraných odrůd chmele a to Vital, Rubín, Blato, Saaz late a Harmonie. Výsledky zobrazují rychlost fotosyntézy každé odrůdy. Hodnoty zavedené do grafu byly spočítané jako průměry ze všech naměřených hodnot tří listů z každé odrůdy.(A) rychlost čisté fotosyntézy odrůdy vykazovaly hodnoty od 1,7275 až 3,6455 μmol . Z grafu je pak vidět, že nejvyšší rychlost fotosyntézy byla naměřena u odrůdy Blato a nejnižšípak u odrůdy Rubín společně s odrůdou Vital. Harmonie a Saaz late měly naměřeny skoro shodné výsledky a rychlost fotosyntézy se blížila k odrůdě Blato.



Obrázek 16: Průměr naměřených hodnot rychlosti fotosyntézy u vybraných genotypů chmele

Zdroj: vlastní zpracování

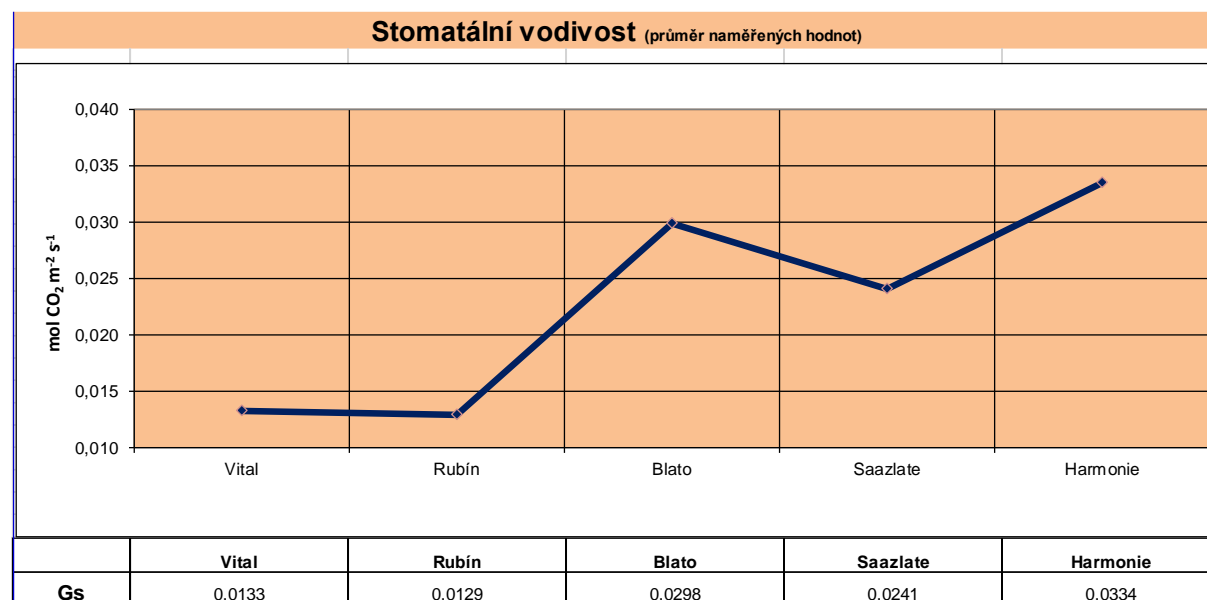
Na grafu (obrázek 17) jsou zobrazeny výsledky naměřených hodnot všech pěti vybraných odrůd chmele a to Vital, Rubín, Blato, Saaz late a Harmonie. Výsledky zobrazují rychlost transpirace každé odrůdy. Hodnoty zavedené do grafu byly spočítané jako průměry ze všech naměřených hodnot tří listů z každé odrůdy. (E) rychlost transpirace odrůdy vykazovaly hodnoty od 0,4014 až 0,8626 mmol. Z grafu je pak vidět, že nejvyšší rychlost transpirace byla naměřena opět u odrůdy Blato a nejnižší pak u odrůdy Rubín společně s odrůdou Vital. Harmonie a Saaz late měly naměřeny skoro shodné výsledky a rychlost transpirace se blížila k odrůdě Blato.



Obrázek 17: Průměr naměřených hodnot rychlosti transpirace u vybraných genotypů chmele

Zdroj: vlastní zpracování

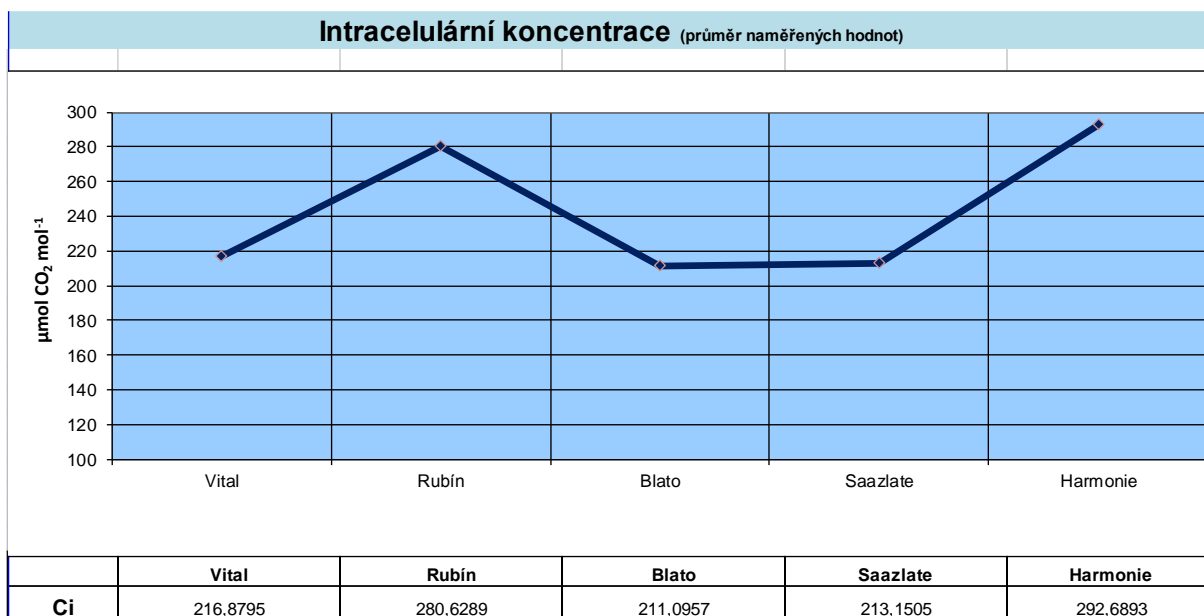
Na grafu (obrázek 18) jsou zobrazeny výsledky naměřených hodnot všech pěti vybraných odrůd chmele a to Vital, Rubín, Blato, Saaz late a Harmonie. Výsledky zobrazují stomatální vodivost každé odrůdy. Hodnoty zavedené do grafu byly spočítané jako průměry ze všech naměřených hodnot tří listů z každé odrůdy. (G_s) stomatální vodivost odrůdy vykazovaly hodnoty od 0,0129 až 0,0334 mol. Z grafu je pak vidět, že nejvyšší stomatální vodivost byla naměřena u odrůdy Harmonie společně s odrůdou Blato a nejnižší pak u odrůdy Rubín společně s odrůdou Vital. Vodivost u Saaz late vykazovala prostřední hodnoty.



Obrázek 18: Průměr naměřených hodnot rychlosti stomatální vodivosti u vybraných genotypů chmele

Zdroj: vlastní zpracování

Na grafu (obrázek 19) jsou zobrazeny výsledky naměřených hodnot všech pěti vybraných odrůd chmele a to Vital, Rubín, Blato, Saaz late a Harmonie. Výsledky zobrazují intracelulární koncentraci každé odrůdy. Hodnoty zavedené do grafu byly spočítané jako průměry ze všech naměřených hodnot tří listů z každé odrůdy. (C_i) intracelulární koncentrace oxidu uhličitého odrůdy vykazovaly hodnoty od 211,0957 až 292,6893 μmol . Z grafu je pak vidět, že největší intracelulární koncentrace byla naměřena u odrůdy Harmonie společně s odrůdou Rubín a nejmenší pak skoro shodně u odrůd Blato, Saaz late a Vital.



Obrázek 19: Průměr naměřených hodnot intracelulární koncentrace u vybraných genotypů chmele

Zdroj: vlastní zpracování

6 Diskuze

Fotosyntéza je základní a taky hodně složitý biochemický proces, který ještě dnes není naprosto přesně rozebrán a popsán. Pro rostliny představuje základní proces jejich existence, který jde ruka v ruce i s existencí naší. V průběhu práce jsme se seznámili s tím, na jakém principu fotosyntéza funguje a za jakých okolností. Základem pro optimální procesy fotosyntézy jsou správná teplota, kdy neoptimálnější je teplo pohybující se kolem 30 °C. Nad tuto teplotu již fotosyntéza zpomaluje svoji rychlost. Světelné záření je pro fotosyntézu nesmírně důležité, ovšem rychlost procesu ovlivní jen do určité úrovně. Rychlost fotosyntézy je závislá taky na vodě. Pokud je rostlina vystavena suchu, průduchy, které zabezpečují přísun CO₂, se postupně uzavírají a tím se rychlost fotosyntézy snižuje. Transpirace neodmyslitelně patří k životu rostlin. Díky ní je rostlina zásobována vodou a minerálními látkami. Zajišťuje také správný průběh již zmiňované fotosyntézy, tak i dýchání. Rychlost transpirace je regulována taky průduchy. Tato práce se zabírala jak rychlostí fotosyntézy, tak transpirací konkrétní rostliny, kterou je chmel. Za úkol bylo zapotřebí zjistit, jaký vliv má při odtržení listové části rostliny, tedy navození stresové situace, kdy část rostliny byla odpoutána od vody, na rychlost již zmiňovaných procesů. Dále jsme pak zjišťovali, jestli tyto rozdíly mají vliv i na různost odrůd chmele. Z provedeného pokusu jsme podle hodnot z grafu zjistili významný vliv genotypu na rychlost fotosyntézy. Odrůda Blatomá statisticky nejvyšší rychlost fotosyntézy (viz graf 1). Nejintenzivnější fotosyntetickou aktivitu při navození situace tedy měla odrůda Blato. Ze tří měřených listů dosáhla průměrné hodnoty 3,6455 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. Naopak nejnižší naměřenou průměrnou hodnotu a tedy i nejnižší rychlost fotosyntézy, dosáhl genotyp Rubín – 1,6563 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (viz graf 1). Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou rychlostí byl 2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, což představuje velký rozdíl. Z měření, které se konalo v roce 2000 a bylo provedeno na vybraných genotypech ozimé pšenice, vycházely obdobné výsledky. Práce byla zaměřena na výzkum vodního stresu a měřena byla fotosyntéza a transpirace na praporcových listech ozimé pšenice. Vybráno bylo pět odrůd, Maris Marksman, Regina, Mexiko 50/B 21, Chlumecká 12 a Karlik. Měření proběhlo v řízených podmínkách klimatizované komory při osvětlení 300 μmol m⁻² s⁻¹, teplotě 22 °C a vlhkosti vzduchu 40-60 %, na přístroji LCA4 (infračervený plynový analyzátor). Působení snížené dostupnosti vody na intenzitu fotosyntézy a transpirace a na efektivitu využití vody u různých genotypů pšenice ozimé bylo v tomto pokusu zjištěno, že působením stresu dochází téměř vždy ke snížení fyziologických funkcí, přičemž se rostliny přizpůsobují růstem. Zjistili, že při nedostatku vody téměř všechny kultivary snižují intenzitu fotosyntézy (kromě odrůdy Mexico 50/B 21) a všechny snižují intenzitu transpirace. Z vypočtených hodnot bylo zjištěno, že výsledná odolnost vůči nedostatku vody rostlin je dána především jejich schopností osmotického přizpůsobení a je pro jednotlivé genotypy různá (Zámečnicková a kol. 2000). Pokusem jsme dospěli ke stejnému závěru. Další studie dokazují, že na rychlost fotosyntézy mají vliv vnitřní faktory. Jedná se o anatomické a morfologické uspořádání asimilačních orgánů, například uspořádání asimilačních buněk v listech, počet chloroplastů a především obsahu chlorofylu a k chlorofylu b. Poslední jmenované faktory úzce souvisí se stářím listů. Užší poměr chlorofylu a nižší rychlost fotosyntézy mají mladé listy. Maximální rychlost fotosyntézy má list v období, kdy dosahuje 50 – 80 % své konečné velikosti. Mluvíme o stavu takzvané fotosyntetické dospělosti. V takovém listu se obvykle nachází 4 – 5 mg chlorofylu na

0,01 m² listové plochy a poměr chlorofylu a k chlorofylu b je asi 3 – 4 : 1. V této době je v listu i největší obsah rostlinných hormonů podněcujících jeho růst. Nejvyšší rychlost fotosyntézy je v listech ve střední části lodyhy. Se stárnutím listů se obsah chlorofylu snižuje až na 1 – 2,5 mg na 0,01 m² a zužuje se poměr chlorofylu a k chlorofylu b. Tím dochází k poklesu rychlosti fotosyntézy a nastává takzvaný chlorofylový kompenzační bod. V tomto stavu je čistá fotosyntéza nulová, protože se množství přijatého CO₂ rovná množství vydaného CO₂ při respiračních procesech. Z toho vyplývá, že na rychlost fotosyntézy má také vliv stáří listů. Hejnák a kol. (2014) uvádějí, že vliv věku listů chmele na rychlost fotosyntézy bylo prokázáno i následujícím pokusem, kdy hodnotili vliv ontogeneze a polohy listových a odnožových listů na rychlost fotosyntézy (Pn), transpirace (E) a stomatální vodivosti (Gs) v chmelových rostlinách. Nejvyšší Pn byla měřena ve fázi 81–89 BBCH (mezinárodně používaná stupnice vývojových a růstových stádií rostlin), E a Gs ve fázi 61–69 BBCH. Pn se zvětšila v průběhu ontogeneze od 1. do 3. stupně chmelových rostlin. Od 61 BBCH fáze, listy první a druhé úrovně dosáhly fotosyntetické zralosti a hodnota Pn se již nezvyšovala. Třetí úroveň dosáhla fotosyntetické zralosti od 81 BBCH fáze. Vyšší E bylo měřeno v horních částech chmelové rostliny. Pn a E byly vyšší v listových listech ve třetí úrovni chmelové rostliny po celou dobu vegetačního období. Na první a druhé úrovni chmelové rostliny byly v odnožových listech měřeny vyšší hodnoty Pn. Rozdíly v Gs nebyly mezi typy listů pozoruhodné. Pn, E a Gs byly měřeny na třech výhoncích, třech odnožových listech ve třech úrovních chmele odrůdy Saaz (Os. Č. 72), za pomoci přenosného zařízení plynometrický infračervený analyzátor LCA-4. Ozáření bylo 650 μmol, teplota v měřicí komoře byla 25 ° C, koncentrace CO₂ 420 ± 35 vpm (μmol / mol) a průtok vzduchu byl 205 ± 30 μmol / s. Doba měření každého vzorku byla 10 minut. Rychlost transpirace jde ruku v ruce s rychlostí fotosyntézy, a to se potvrdilo i v dalším měření, kdy se zjišťovala právě transpirace. Nejvyšší rychlost transpirace byla zaznamenána u genotypu Blato s hodnotou 0,8626 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ a nejnižší u genotypu Rubín s hodnotou 0,4014 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (viz graf 2). Oba grafy jsou opticky skoro stejné a obě rychlosti všech odrůd klesají souměrně s časem. Intracelulární koncentrace byla s nejvyššími hodnotami naměřena u genotypu Harmonie 0,0334 μmol CO₂ mol⁻¹ a nejnižší pak u genotypu Rubín 0,0129 CO₂ mol⁻¹ (viz graf 3). Poslední naměřené hodnoty byly hodnoty stomatální vodivosti, kde nejvyšších hodnot dokazovala odrůda Harmonie 292,6893 mol CO₂ m⁻² s⁻¹ a naopak nejnižší odrůda Blato 211,0957 mol CO₂ m⁻² s⁻¹ (viz graf 4). Poslední dvě měření nebyly pro cíl této bakalářské práce potřebné, proto se jimi nebudeme výrazněji zabírat. Výsledky nebylo možné výrazněji srovnávat a to ze dvou důvodů. Za prvé z pokusu, který jsme provedli, bylo zjištěno, že i když u všech dostupných odrůd chmele byly podmínky při pokusu naprosto stejné a u každé odrůdy byly vzorky měřené třikrát, tak výsledky, ke kterým jsme dospěli v rámci pokusu, nebyly přesné. U naměřených hodnot se opětovně vyskytovaly chybné minusové hodnoty, které se projevovaly podél celé fáze měření. Výsledky vyhodnocené gazometrickým přístrojem tedy nemůžeme potvrdit se 100% přesností. Aby tomu tak bylo, bylo by zapotřebí pokus zopakovat, anebo pokus vykonat pomocí jiného gazometrického přístroje. Za druhé je málo dostupných informací o pokusech téhož měření. Znalosti strategie rostlin, jejich přizpůsobování se stresovým podmínkám můžeme využít kromě fyziologického výzkumu i v jiných oborech, například ve šlechtitelství, genovém inženýrství nebo při studiu vlastností jednotlivých genotypů.

7 Závěr

Cílem této práce bylo získat základní informace o vlivu rychlé dehydratace na fotosyntézu a transpiraci vybraných genotypů chmele. Chmel je vytrvalou rostlinou s jednoletými stonky, které každým rokem vyrostou až do délky devíti metrů a na sobě nesou velké množství postranních stonků, listů, květů popřípadě hlávek. Vlastnosti transportních pletiv v tak dlouhých stoncích významně ovlivňují hospodaření rostliny s vodou. Rostliny chmele jsou zvláště velmi náročné na optimální příjem vody a to zejména v období pazochování a při tvorbě hlávek, kdy může nedostatečný příjem vody výrazně snížit celkovou produkci. Cílem práce taky bylo zhodnotit rychlost fotosyntézy a transpiraci chmele při navození stresové situace. K tomuto nám posloužily vybrané genotypy chmele, které byly dovezeny a vypěstovány ze zemědělského podniku v Žatci. Předmětem hodnocení byly odrůdy Blato, Harmonie, Saaz late, Rubín a Vital, které byly vypěstované v roce 2017, a jejich staří bylo 2 měsíce. Pro praktickou část byly zvoleny metody rychle dehydratace a jejich vliv na rychlost fotosyntézy a transpiraci. Hodnocení proběhlo za pomoci infračerveného analyzátoru LCpro+. Konkrétně u jednotlivých odrůd měřila rychlost fotosyntézy, rychlost transpirace, stomatální vodivost a intracelulární koncentrace. Z pokusu, který byl proveden, jasně vyplývá, že rychlost fotosyntézy a transpirace je výrazně rozdílná dle odrůdy chmele.

O jednotlivých odrůdách můžeme říci:

- 1) Odrůda Blato měla u měřených vzorcích nejvyšší rychlost fotosyntézy a transpirace. Stomatální vodivost pak byla druhá nejvyšší a naopak intracelulární koncentrace vykazovala nejnižší hodnoty;
- 2) Odrůda Harmonie měla nejvyšší stomatální vodivost a vykazovala největší hodnotu intracelulární koncentrace. Rychlost fotosyntézy a transpirace byla u této odrůdy druhá nejvyšší;
- 3) Odrůda Saaz late měla rychlost transpirace, fotosyntézy a stomatální vodivost vzhledem k zbylým odrůdám třetí nejvyšší a intracelulární koncentrace byla čtvrtá největší;
- 4) Odrůda Vital měla rychlost transpirace, fotosyntézy a stomatální vodivost v porovnání k ostatním odrůdám čtvrtou nejvyšší a intracelulární koncentrace byla 3 největší;
- 5) Odrůda Rubín měla rychlost transpirace, fotosyntézy a stomatální vodivost nejnižší v porovnání s ostatními a její intracelulární koncentrace byla naopak druhá největší.

Pokusy bylo prokázáno, že vodní stres má vliv na stomatální omezení fotosyntézy v listu. Snížením stomatální vodivosti dochází k uzavírání průduchů, snižuje se rychlost fotosyntézy a transpirace. Z výsledků vyplývá, že nejvyšší rychlost fotosyntézy a transpirace po následné dekapitaci listové části rostliny, probíhala u odrůdy Blato, narozdíl od ní odrůda Rubín měla nejpomalejší průběh. Z toho usuzují, že z našich testovaných genotypů je na vodní stres nejméně náchylná právě odrůda Blato a prokazatelně nejvíce Rubín.

8 Literatura

Knižní zdroje

- Altová, M. a kol. Situační výhledová zpráva chmel, pivo, Ministerstvo zemědělství v Praze 2006, ISBN 978-80-7084-696-4
- Atlas českých odrůd chmele-Czech hop varieties/ Chmelařský institut s.r.o. Žatec/ ISBN: 978-80-86836-15-7
- Atlas českých odrůd chmele-Czech hop varieties/ Chmelařský institut s.r.o. Žatec/ ISBN: 978-80-87357-11-8
- Basařová G. a kol., 2011: České pivo. 3. Vyd. Praha 1: Havlíček Brain Team, Praha, 309 s. ISBN 978-80-87109-25-0.
- Faragó J., Ūrgerová E., 2013: Chmel' obyčejný – nové pohľady na tradičnú plodinu. Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Fakulta prírodných vied, Trnava, 183 s. ISBN 978-80-8105-518-8.
- Fric V., Linhart J., 1997: Sláva českému chmelu. Agros Bohemia, Žatec, 32 s.
- Hejnák V., Hniličková H., Hnilička F., 2014: Effect of ontogeny, heterophylly and leaf position on the gas exchange of the hop plant/ Czech University of Life Sciences Prague, Prague, Czech Republic
- Hnilička F., Hniličková H., Hejnák V., 2002: Studium fyziologických charakteristik u ozdraveného a neozdraveného chmele/ Pěstování a uplatnění Žateckého poloraného červeňáku: sborník přednášek ze semináře konaného dne 14. 2. 2002/ Chmelařský institut, Žatec, 2002/ ISBN 80-903057-1-7
- Chinery, Michael. Flóra a fauna Evropy. Praha: Slovart, 1998
- Chládek L., 2007: Pivovarnictví. Grada publishing a.s., Praha, 207 s. ISBN: 978-80-247-1616-9
- Jones M., Jones H. G., Flowers T. 2008: Plants under stress: Biochemistry, physiology and ecology and their application to plant improvement. Cambridge: Cambridge university press,/ ISBN 0-521-05037-5
- Kopecký J. a kol., 2008: Pěstování hybridních odrůd chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR. Chmelařský institut, Žatec, 48 s. ISBN 978-80-868
- Krejča, Jindřich; Kresánek, Jaroslav. Atlas léčivých rostlin a lesných plodov. Martin: Osvěta, n.p, 1982. 70-010-82. S. 768.

- Květena ČSR, díl 1 / S. Hejný, B. Slavík (Eds.). Praha: Academia, 1988. ISBN 80-200-0643-5
- Lambers H., Chapin III F.S., Pons T.L. (1998): Plant Physiological Ecology. Springer. New York. 540pp.
- Lawlor D.W. 2002: Limitation to Photosynthesis in Water-stressed Leaves: Stomata vs. Metabolism and the Role of ATP. *Annals of Botany*, 87: 871-88
- Luštinec, Jiří a Viktor Žárský. Úvod do fyziologie vyšších rostlin. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2003, 261 s. ISBN 80-246-0563-5
- Ministerstvo zemědělství / Ministry of Agriculture of the Czech Republic Praha. 2012. ve spolupráci se Svazem pěstitelů chmele České republiky / Hop Growers Union of the Czech Republic Mostecká ISBN: 978-80-7434-072-7 s. 5
- Nesvadba, V.; Krofta, K.: Atlas českých odrůd chmele. CHI Žatec, 2008, s. 3
- Nesvadba, V.; Krofta, K.: Atlas českých odrůd chmele. CHI Žatec, 2010, s. 6
- Nesvadba V, 2006: Uplatnění českých odrůd v pivovarnictví, s. 2-7. In: ROSA Z.: Český chmel 2006. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha, 27 s. ISBN:80-7084-558-9
- Pleskotová, Petra. 20000 let vaření. Praha: Albatros, 1976. S. 112
- Procházka, S., I. Macháčková J. Krekulea J. Šebánek. Fyziologie rostlin. Vyd. 1. Praha: Academia, 1998, 484 s. ISBN 80-200-0586-2. 20. RUBIN, B. A. Fyziologie rostlin. 2. vyd. Praha: Československá akademie věd, 1966
- Petr, J., Baier, J., Bureš, R., Coufal, V. 1987. Počasí a výnosy. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 1. vydání. s. 152
- Rosa Z.; Petr Svoboda., 2005: Český chmel 2005 = Czech hops 2005 = Der Tschechische Hopfen 2005 / Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2005/ ISBN: 80-7084-411-6
- Rosa Z. BA, Hop Growers Union of the Czech Republic / Svaz pěstitelů chmele České republiky. Český chmel. 2007. s. 3
- Rybáček V., 1980: Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 426 s
- Šantrůček J. (1998): Vodní režim rostlin. - In: Procházka et al.: Fyziologie rostlin. Academia. Praha. 484 pp. (p. 124-173)
- Šebánek, J., et al. Fyziologie rostlin. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1983. S. 151–152

- Šebánek, J., et al. Fyziologie rostlin. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1983. S. 163–165
- Štranc J., Štranc P., Štranc D., 2013: Zásady správné agrotechniky chmele a analýza příčin velkého úhynu chmele na jaře roku 2012. Kurent, České Budějovice, 34 s. ISBN 978-80-87111-39-0
- Tiskárna Ministerstva vnitra, p. o., Bartůňkova 4, post. schr. 10, 149 00 Praha
415 ISSN 1211-1244
- Vent L., 2002: Zelené zlato. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 142 s. ISBN 80-86576-03-5.
- Vinter, Vladimír. Rostliny pod mikroskopem; základy anatomie cévnatých rostlin. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-1972-5.
- Vodrážka, Z. Biochemie 3. Praha: Academia, 1993. ISBN 80-200-0471-8. S. 56, 65.
- Voet, D.; Voetová, J. Biochemie. 1. čes. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-85605-44-9. S. 657–658, 659–660
- Vrzalová J., Fric V., 1994: Rostlinná výroba –IV (přádné rostliny, chmel). Agronomická fakulta VŠZ, Praha, 80 s. ISBN 80-213-0155-4
- Zimolka J. a kol., 2008: Speciální produkce rostlinná – rostlinná výroba: Polní a zahradní plodiny, základy pícninářství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 2. vyd., 245 s. ISBN 978-80-7375-230-9

Internetové zdroje

ADC BioScientific Ltd., Global House,

Geddings Road, Hoddesdon, Herts EN11 0NT, UK Dostupne

z <https://www.adc.co.uk/product-category/plant/>

Baláž M., Mikrofotografie i texty, 2001 Dostupne

z http://www.sci.muni.cz/~anatomy/ground_tissues

Bohemia Hop, 2014: Celková produkce chmele v ČR: 6 202 tun. [2015-02-10], Dostupné

z: <http://bohemiahop.cz/cz/component/content/article/39-cestina/novinky/116-celkova-produkce-chmele-v-cr-6-202-tun>

Hnilička F., 2004, ČZU FAPPZ – Katedra botaniky a fyziologie rostlin, Praha, Dostupné z

<http://kbfr.agrobiologie.cz/download/lcproplus.pdf>

- Kovařík M., 2013: Sklizeň českého chmele v roce 2013. [2015-04-01], Dostupné z: http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=163%3Atiskova-zprava-492013&catid=1%3Aceske-aktuality&Itemid=2&lang=cs
- LAUREL, Jules. Wikimedia Commons [online]. 26. 5. 2013 [cit. 23.10.2014]. Dostupný pod licencí Creative Commons
- Macháček, T. et al. Biomach, výpisky z biologie [online]. 2005– [cit. 2014-11-05]. Dostupné z: www.biomach.cz
- Ministerstvo zemědělství Těšnov 17, 117 05 Praha 1 ISBN: 978-80-7434-003-1 Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/135892/Cesky_chmel_2011_print.pdf
- PETERS -- FABELFROH, Kristian. Fotosynéza: Plagiomnium affinelaminazellen.jpeg. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA):
- Wikimedia Foundation, 2001-2006 [cit. 2013-04-23]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plagiomnium_affine_laminazellen.jpeg
- Svaz pěstitelů chmele České republiky, 2012: Sklizeno 4 338 tun vysoce kvalitního českého zeleného zlata. [2015-02-10], Dostupné z: http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=155%3Atiskova-zprava-17122012&catid=1%3Aceske-aktuality&Itemid=2&lang=cs
- Svaz pěstitelů chmele České republiky, 2012: Historie pěstování chmele [2015-02-10], Dostupné z: http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=29&lang=cs
- Svaz pěstitelů chmele České republiky, 2018 Český chmel 2018 [2018-02-10], Dostupné http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=165&Itemid=120&lang=cs
- Svaz pěstitelů chmele České republiky, 2012: Chmel v číslech [2017-02-10], Dostupné z: http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=35&Itemid=65&lang=cs
- Štranc P. a kol., 2007, Výsadba chmele, Praha, s. 6, ISBN 978-80-8711-02-4 Dostupné z [http://eagri.cz/public/web/mze/vyhledavani/index\\$41111.html?query=chmel&segment=s=eagri](http://eagri.cz/public/web/mze/vyhledavani/index$41111.html?query=chmel&segment=s=eagri)
- ÚKZÚZ, 2014: Sklizňové plochy chmelnic k 20. 8. 2014. [2015-02-10], Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/trvale-kultury/registrace/registracechmelnic/skliznove-plochy-chmelnic-k-20-8-2014.html>
- ÚKZÚZ, 2015: Počet pěstitelů chmele v roce 2014. [2015-02-11], Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/>

Zámečníková B., Hejnák V., Novák V., The use of physiological methods for barley and wheat stress tolerance evaluation, Odborné konference, 2000. Dostupné z http://www.agris.cz/zemedelstvi?id_a=107507