

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Stomatální vodivost u vybraných genotypů chmele v
podmínkách vodního stresu**

Bakalářská práce

Autor práce: Michaela Machová

Vedoucí práce: Ing. Helena Hniličková, Ph.D.

© 2014 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Stomatální vodivost u vybraných genotypů chmele v podmínkách vodního stresu" jsem vypracovala 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 autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Heleně Hnilíčkové, Ph.D. za cenné rady a ochotný, obětavý přístup.

Souhrn

Svou bakalářskou práci jsem zpracovala na téma stomatální vodivosti u vybraných genotypů chmele v podmínkách vodního stresu.

Chmel je vlhkomilná plodina, sucho je jeden z nevýznamnějších stresových faktorů, který ovlivňuje zemědělskou produkci. Pěstitelé jsou nuceni používat závlahový systém, ten je ovšem technicky i ekonomicky velmi nákladný. Cílem pokusu bylo sledovat průběh stresové reakce a vyhodnocení reakce vybraných druhů.

Pokus probíhal v létě roku 2013 s mladými rostlinami chmele odrůd Kazbek, Bohemia, Rubín a genotypů S 313 a H16. Rostliny byly pěstovány v automatizovaném skleníku Katedry botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ ČZU v Praze, za přirozených světelných a teplotních podmínek v květináčích se zahradním substrátem. Pokusné rostliny byly rozděleny do dvou skupin kontrolní a stresované. Kontrolní skupina byla pravidelně zalévána a u stresovaných rostlin byla zálivka přerušena. Pokus probíhal od 20.5.2013 do 5.6.2013, byl ukončen ve chvíli úplné dehydratace stresovaných rostlin. Měření probíhalo každé pondělí, středu a pátek v dopoledních hodinách. Od každé odrůdy byly testovány tři rostliny. Stomatální vodivost a hmotnostní vlhkost byly měřeny přístroji od výrobce Delta-t Devices.

Nejvyšší průměrná naměřená hodnota stomatální vodivosti byla $110 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a nejnižší průměrná naměřená hodnota byla $14 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ u stresovaných rostlin. K největšímu poklesu došlo v první polovině pokusu. Průměrná hodnota stomatální vodivosti kontrolních rostlin byla $114 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a stresovaných rostlin $62 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Hmotnostní vlhkost zeminy se pohybovala v rozmezí $0,45 \text{ g.g}^{-1}$ do $0,06 \text{ g.g}^{-1}$ u stresovaných rostlin. K největšímu poklesu došlo stejně jako u stomatální vodivosti v první polovině pokusu. V druhé polovině se hodnoty pohybovaly okolo hodnoty $0,05 \text{ g.g}^{-1}$.

Pokus u odrůdy Bohemia a genotypu S 313 jsme zhodnotili jako chybný, byl způsoben zalitím stresovaných rostlin. Nejvíce odolné vůči vodnímu stresu vyšly z pokusu odrůdy Kazbek a Rubín. Méně odolný, vůči vodnímu stresu, byl genotyp H 16, u kterého byly naměřeny nižší hodnoty SV na konci pokusu.

Klíčová slova: chmel, vodní stres, stomatální vodivost, hmotnostní vlhkost

Summary

Theme of my bachelor thesis is Stomatal conductance of selected genotypes of hops in conditions of water stress .

Hops are hydrophilous crop, drought is one of the most important stress factor that affects agricultural production. Growers are forced to use a sprinkler systém, but it is technically and economically costly. The aim of the experiment was monitoring the progress of the stress response and evaluation of selected species.

The experiment was realized in the summer 2013 with young hop plant varieties Kazbek , Bohemia, Rubín and genotypes S 313 and H16 . Plants were grown in a greenhouse automated Department of Botany and Plant Physiology Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural resources in Prague, in natural light and temperature conditions in pots with garden substrate. The plants were divided into two groups: control and stressed plants. The control group was regularly watered, but stressed plants were watered intermittently. The experiment was realized from 20 May 2013 to 5 June 2013, was completed at the time of complete dehydration of stressed plants. Measurements were carried out every Monday , Wednesday and Friday mornings. We tested three plants of each species. Stomatal conductivity and mass humidity were measured by the device manufacturer Delta -T Devices.

The highest average values of stomatal conductance were $110 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ and the lowest average measured value was $14 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ in stressed plants. The largest decline occurred in the first half of the experiment. Average value stomatal conductance of control plants was $114 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ and of stress plants was $62 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Mass soil moisture levels ranged from 0.45 g.g^{-1} and 0.06 g.g^{-1} in plants under stress . The largest decline occurred also in the first half of the experiment. In the second half of experiment values ranged around a value 0.05 g.g^{-1} .

An experiment with variety Bohemia and genotype S 313 we have evaluated as wrong. It was caused by watering of stressed plants. Most resistant to water stress are according results of my experiment Kazbek variety and Rubín . Less resistant to water stress is genotype H 16 , wherein the measured value stomatal conductance is lower in the end of the experiment.

Keywords: hops, water stress, stomatal conductance, soil mass monture

Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Cíl práce.....	11
3.	Hypotéza	12
4.	Literární přehled	13
4.1.	Botanická charakteristika chmelu	13
4.1.1.	Morfologie chmelové rostliny	13
4.1.1.1.	Soustava podzemních lodyžních orgánů – babka	13
4.1.1.2.	Soustava nadzemních orgánů	13
4.1.2.	Anatomická stavba listu chmele.....	14
4.1.2.1.	Průduchy (stomata).....	15
4.1.2.2.	Funkce a stavba průduchů	15
4.2.	Transpirace a stomatální vodivost.....	17
4.2.1.	Transpirace	17
4.2.2.	Stomatální vodivost.....	18
4.2.2.1.	Stres.....	20
4.2.2.2.	Voda	20
4.2.2.3.	Sucho – faktor vyvolávající stres	21
4.2.2.4.	Vodní stres.....	23
4.3.	Ekonomika chmele	24
4.3.1.	Unie na ochranu práv nových odrůd	25
4.3.1.1.	Příklady ochranných známek registrovaných odrůd chmele.	26
4.3.2.	Vliv zemědělské politiky na sektor chmelařství.....	26
5.	Charakteristika pokusu.....	27
5.1.	Porometr AP4	27
5.2.	Obsah vody v půdě	29
6.	Metodika – charakteristika pokusného materiálu.....	32
6.1.	Odrůda Kazbek	32
6.2.	Odrůda Bohemie	33
6.3.	Odrůda Rubín	34
6.4.	Genotyp S 313	35
6.4.1.	Genotyp H 16.....	35
7.	Výsledky	36
7.1.	Stomatální vodivost.....	36
7.1.1.	Kazbek.....	36

7.1.2.	Bohémie.....	37
7.1.3.	Rubín.....	38
7.1.4.	S 313	39
7.1.5.	H 16.....	39
7.2.	Hmotnostní vlhkost	41
7.2.1.1.	Kazbek	41
7.2.1.2.	Bohemia	42
7.2.1.3.	Rubín	43
7.2.1.4.	S 313	44
7.2.1.5.	H 16	44
7.3.	Závislosti stomatální vodivosti na hmotnostní vlhkosti.....	45
8.	Diskuse	48
8.1.	Stomatální vodivost.....	48
8.2.	Hmotnostní vlhkost	49
9.	Závěr	50
10.	Přehled použité literatury:.....	51

1. Úvod

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus L.*) je mnohaletou bylinou, které každoročně odumírají nadzemní orgány a přežívají pouze orgány podzemní. Chmel je rod rostliny z čeledi konopovité (*Cannabaceae*). Pěstování chmele má v České republice velkou tradici a český chmel je stále považován za standard kvality. Pěstování této plodiny je velmi náročné nejen na odbornost pěstitelů, ale zejména na přírodní podmínky. Nejdůležitější přírodní podmínky jsou voda, teplo a světlo. Chmel je vlhkomilná plodina, která je schopná přijímat vodu i nadzemními orgány z deště a rosy, ovšem hlavní příjem je stále z půdní vláhy.

Pěstování chmele má na území České republiky dlouhou historii. Pravlastí chmele jsou úrodné nížiny v podhůří Kavkazu a oblast okolo Černého moře. První zmínky o putování chmelu do Evropy a i do Čech, pocházejí z přelomu 8. a 9. století. Vláda Karla IV. přinesla velký rozvoj jak vinařství, tak i chmelařství. Již v těchto dobách vynikal český chmel svou kvalitou. Dokonce byl zakázán vývoz.

Až do poloviny 90. let 20. století se v České republice pěstovala jen jedna odrůda – Žatecký poloraný červeňák. Kvůli náročným podmínkám je chmel pěstován ve velkém množství jen ve třech oblastech Žatecké, Ústěcké a Tršické. I přes pečlivý výběr oblasti se pěstitelé stále setkávají s nedostatečnými vláhovými podmínkami, musí proto zavlažovat uměle. Umělé zavlažování je technicky i ekonomicky velmi náročné. Chmelnice jsou proto stavěny blízko vodních toků pro snadnější budování zavlažování. Závlahou je možné zvýšit tvorbu zelené hmoty, usnadnit příjem živin a tím zvýšit i výnos. Pokusy prokázaly, že při zavlažování chmele je vhodné uplatnit progresivní závlahové systémy – kapkovou závlahu a mikropostřik. Pomocí těchto systémů dochází k nejehospodárnějšímu zacházení s vodou.

Další z možností jak předejít následkům vodního deficitu je šlechtění a pěstování nových hybridních odrůd. Z dosavadních poznatků lze jednoznačně dokázat, že lze dosáhnout výrazně odlišných parametrů jak z pivovarského, tak z pěstitelského hlediska a to pouze křížením. Jedním z prvních, který se zabýval hybridním křížením, byl prof. Salmon z Anglie.

Hlavní náplní oddělení genetiky a šlechtění je novošlechtění, tj. tvorba nových odrůd chmele. Šlechtění chmele má v České republice dlouhou historii. V současné době jsou v České republice registrovány pouze české odrůdy chmele. Šlechtění chmele je velmi náročná a především dlouhodobá činnost. Základem šlechtitelské činnosti jsou genetické zdroje chmele.

Cílem práce bylo provést pokus na pěti vybraných odrůdách chmele, získat nové poznatky a informace o fyziologické reakci mladých chmelových rostlin po navození umělého vodního deficitu. Hlavními veličinami, které byly při pokusu zkoumány, se staly stomatální vodivost chmele a hmotnostní vlhkost substrátu.

2. Cíl práce

Řízený vodní stres je úmyslné nezalévání rostlin za účelem porovnání odolnosti různých odrůd, popřípadě šlechtění nových odrůd z již ověřených odolnějších odrůd.

V pokusu byly zkoumány dva hlavní parametry: stomatání vodivost rostliny a hmotnostní vlhkost substrátu.

Testování probíhalo na třech mladých odrůdách chmelu: Kazbek, Bohemia, Rubín a dvou genotypů chmelu: S 313 a H 16.

Cílem je vyhodnotit nejodolnější odrůdu a vůči vodnímu stresu a celkově srovnat průběh pokusu u všech odrůd.

3. Hypotéza

Byly stanoveny následující hypotézy:

- Nalezení souvislostí mezi stomatání vodivostí a hmotnostní vlhkostí.
- Srovnání průběhu stresové reakce u všech pokusných odrůd.
- Vyhodnocení výsledku, najít nejméně odolnou odrůdu i nejvíce odolnou odrůdu.

4. Literární přehled

4.1. Botanická charakteristika chmelu

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus L.*) je mnohaletou bylinou, u které každoročně odumírají nadzemní orgány před nástupem zimního období a přežívají pouze orgány podzemní. Chmel otáčivý má podzemní oddenek, ze kterého vyrůstají dlouhé prýty. Ty se otáčejí ve směru hodinových ručiček a ovíjejí se kolem opěr. Stonky jsou pokryty trichomy, které jsou dvouramenné. Chmel je rostlina dvoudomá, tedy existují odděleně samčí i samičí rostliny. Podle botanické systematiky se rod chmel (*Humulus L.*) dělí do pěti samostatných druhů chmele: japonský, oplétavý, otáčivý, srdčitolistý a americký (Větvička, 2000).

4.1.1. Morfologie chmelové rostliny

Na chmelové rostlině rozlišujeme čtyři orgánové soustavy. V podzemní sféře jsou dvě soustavy lišící se morfologickou stavbou a funkcemi: soustava podzemních lodyžních orgánů (babka) s kořenovou soustavou. V nadzemní sféře je soustava vegetativních orgánů a generativních orgánů.

4.1.1.1. Soustava podzemních lodyžních orgánů – babka

Základ víceletého života chmelových rostlin tvoří babka, která na stanovišti vydrží padesát i více let. Zahrnuje všechny podzemní orgány, tj. orgány vzniklé modifikací lodyhy pod povrchem půdy.

4.1.1.2. Soustava nadzemních orgánů

V nadzemní části chmelové rostliny vznikají dvě orgánové soustavy vegetativní a generativní, které se odlišují, jak morfologickou stavbou, tak i funkcemi. Soustavu nadzemních vegetativních orgánů tvoří nadzemní pupeny (*gemma*), lodyha (*caulis*), a listy (*folia*).

Hlavní funkcí této soustavy je tvorba organických látek při fotosyntéze a s ní spojenými pochody. Hlavní funkcí soustavy generativních orgánů je vytvoření životaschopných semen ve chmelových plodech. Generativní soustava vzniká těsným navázáním na vytvořenou soustavu vegetativní. U plodných chmelových rostlin vznikají z vrcholového pupenu révy a z pupenů postranních větví plodných pazochů květenství, která se u samičích rostlin vyvíjejí v plodenství (Rybáček, 1977).

4.1.2. Anatomická stavba listu chmele

Listy (*folia*) vyrůstají z uzlin (*nodů*) révy a z pazochů zpravidla po dvou vstřícně proti sobě. Podle toho, z jakého místa vyrůstají, se dělí na listy révové a pazochové. Révové listy vyrůstají dříve, jsou větší a mají hrubší stavbu a tlustší řapíky. Obě skupiny listů jsou řapíkaté. Listové čepele u mladých listů jsou silně zřasené, u starších pak už jen zprohýbané. Okraj je hrubě pilovitý nebo dlanitě laločnatý. Mladé listy mají srdčitý tvar, dospělé révové listy jsou pětilaločnaté nebo sedmilaločnaté a pazochové listy jsou velmi často celistvé, nebo mohou být třílaločnaté a pětilaločnaté. Třílaločnatý list znázorněn na obr. č. 1. Žilnatina je dlanitá přičemž žilky prvního a druhého řádu na spodní straně listu silně vynikají a vytvářejí žebra. Žilnatina starších listů výrazně vyniká a na spodní straně žebíků se tvoří křemičité háčky, které jsou shodné s háčky na řapíku listu i na révě. Líc listu je zbarven temnějším zelenou oproti světlejšímu rubu listu. Na rubové straně uvnitř listů jsou roztroušené světlé žlázy, které obsahují pryskyřice a silice.

Již v roce 1924 pan Mohl upozorňoval na obsah pryskyřic a silic ve vnitřních čočkovitých žlázkách, které se vytvářejí jako uzliny v žilnatině listů. A v roce 1955 pánové Dark a Tatchet zjistili vztah mezi hustotou pryskyřičných žlázek v listech a obsahem pryskyřic ve chmelových hlávkách. Tohoto vztahu je možno využít při šlechtění chmele, pokud chceme dosáhnout vyššího obsahu pryskyřic v chmelových hlávkách.

Anatomická stavba chmelových listů je velmi podobná jako stavba listů stínomilných rostlin. Tvoří je tenká vrstva mezofylu, přičemž palisádový parenchym je jen jednovrstevný, složený z protáhlých buněk (poměr tloušťky k délce je 1:6). Vrchní pokožku tvoří dlaždicovité buňky, pokryté kutikulou. K palisádovému parenchymu se těsně přimykají svodné buňky. Pod nimi se nachází několik vrstev houbového parenchymu s kulovitými buňkami a velkými mezibuněčnými prostory. Spodní pokožka je tvořena menšími buňkami, pokrytými kutikulou, která je ovšem v místech, kde se nachází průduchy přerušena. Na spodní straně listů

můžeme nalézt na 1 mm asi 400 průduchů, což je velmi mnoho oproti jiným kulturním rostlinám. To vypovídá o intenzivním metabolismu chmelových rostlin (Rybáček, 1980).

Obr. č.1: Trojlaločný list chmele.



(www.etext.czu.cz)

4.1.2.1. Průduchy (stomata)

V době, kdy začaly rostliny přecházet z vody na souš, vedl chvilkový nedostatek vody k okamžitému vyschnutí a ke smrti. Řešení se našlo ve vytvoření dvou svěřacích buněk schopných rostlinu izolovat od atmosféry v čase, kdy trpí nedostatkem vody, a naopak umožňovat vstup CO_2 v době dostatku vody v těle. Počet, rozmístění a velikost průduchů na ploše listu se během evoluce vyvinuly tak, aby se při plném otevření pórů profily vysoké koncentrace vodní páry vně listů právě dotýkaly. Průduchové řešení je univerzální v evoluční řadě od jatrovek přes mechy, kapradorosty až po vyšší rostliny (existuje jen několik málo výjimek). Jatrovky a mechy mají průduchy nepohyblivé, ostatní rostliny jsou schopny pomocí svěřacích buněk regulovat velikost průduchové štěrbiny (Procházka, 1998).

4.1.2.2. Funkce a stavba průduchů

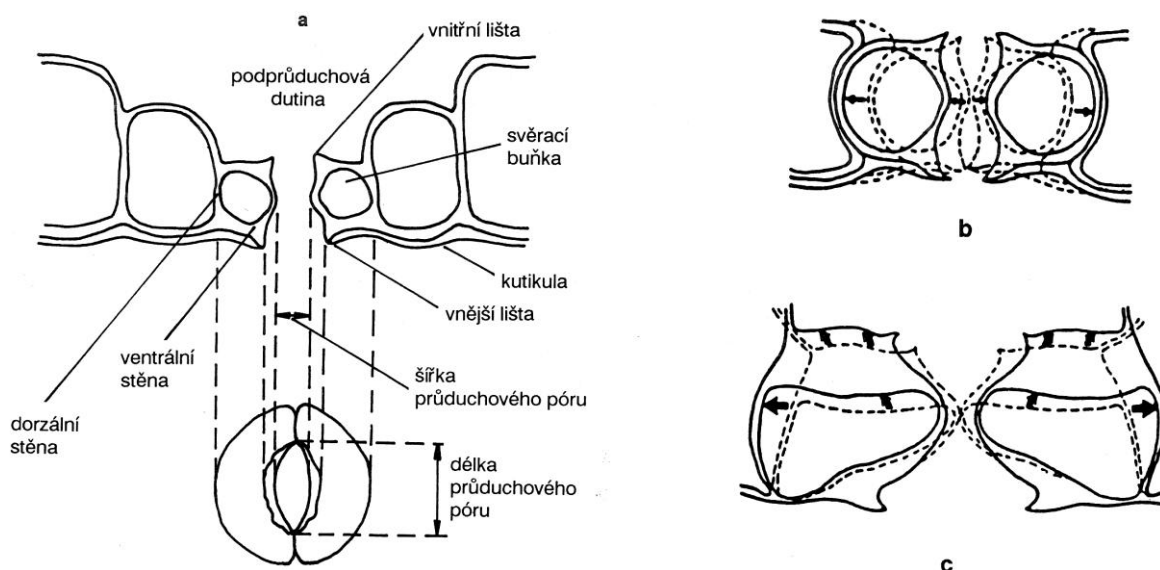
Hlavní funkce průduchů je transpirace a výměna plynů – příjem oxidu uhličitého a výdej kyslíku mezi ovzduším a mezofylem listu. Průduchy tedy rostlině umožňují udržet příznivou vodní bilanci a chod fotosyntézy. Stomata se vyskytují na všech vzdušných částech

roslinného těla, největší počet jich však nalezneme na listech. Průduch se skládá ze dvou svěřacích buněk, štěrbinu a 1-3 párů podpůrných buněk. Podpůrné buňky mají význam při otevírání a zavírání svěřacích buněk. Mají podstatně větší objem a svěřacích buněk se dotýkají jen malou částí povrchu. Pór se otevírá, když se zvyšuje turgorový tlak a objem cytoplazmy svěřací buňky. Uzavírání doprovází opačná změna. Po rozednění, kdy je dostatek světla pro fotosyntézu, se průduchy otevírají, a po západu slunce, tedy při nástupu tmy se průduchy uzavírají. Otevírání trvá déle (cca 30 až 90 min), zavírání je obvykle kratší. V posledních letech se ukázalo, že světlo působí na průduchy přímo, ne zprostředkovaně přes fotosyntézu. Průduchy se otevíraly i přes zablokování fotosyntézy inhibitory.

Svěřací buňky mají nejčastěji ledvinovitý nebo popřípadě činkovitý tvar (charakteristický pro trávy). Svěřací buňky nemají na rozdíl od ostatních epidermálních buněk plasmodesmy, ale mají chloroplasty, mohou tedy fotosyntetizovat. Ovšem na rozdíl od buněk mezofylu mají nižší obsah chlorofylu, nižší aktivitu enzymu Rubisco a mají více mitochondrií.

V posledních letech se ukázalo, že světlo působí na průduchy přímo, ne zprostředkovaně přes fotosyntézu. Průduchy se otevíraly i přes zablokování fotosyntézy inhibitory (Procházka, 1998).

Obr. č. 2: Příčný řez svěracími buňkami.



Obr. 2.33 (a) Příčný řez typickými ledvinovitými svěracími a podpůrnými buňkami se strukturami determinujícími velikost póru a jejich průmět do plochy. (b), (c) Změny tvaru svěracích buněk při otevírání a zavírání póru. (Podle Weyerse a Meidnera 1990.)

(Procházka, 1998)

4.2. Transpirace a stomatální vodivost

4.2.1. Transpirace

Výdej vody rostlinou se nazývá transpirace, při transpiraci je voda vylučována v plynné fázi. V mezofylu listu vzniká vodní pára, která se odpařuje. Rostlinu opouští přes tzv. kutikulární transpiraci, nebo stomatální transpiraci (stomatální transpirace na světle převyšuje u většiny rostlin kutikulární transpiraci) (Nilsen, 1966).

Nejvíce vody ztrácejí rostliny vypařováním neboli transpirací. V malé míře se vylučuje voda i v kapalném stavu (gutace). Pro vodní bilanci rostlin je ovšem vyloučená voda gutací zanedbatelná (Larcher, 2001).

Procházka uvádí, že list zdravé rostliny může v optimálním případě odpařit za 20 až 60 minut tolik vody, kolik sám váží. Přitom ve většině případů stačí snížení obsahu v listu na 60% k tomu, aby se nenávratně poškodily životně důležité struktury nebo dokonce nastala smrt. Procházka dále uvádí, že kdybychom nahradili plochu listů stejnou plochou vody v nádrži, byl by výpar téměř totožný. Zvláštní je, že skutečná plocha listu, ze které je voda volně

odpařována (plocha průduchových pórů), je jen asi jednou setinou celkové plochy listu (Procházka, 1998).

Hlavní význam transpirace spočívá v tom, že umožňuje pohyb vody a různých látek stonkem vzhůru. Transpirace má velký vliv na výživu rostlin. Transpirace vody průduchy, stejně jako difúze CO₂ do listu, závisí na stavu svěracích buněk, což je svým způsobem spojeno s obsahem vody v těchto buňkách.

Transpirace se podstatně podílí na ochraně listů před přehřátím. To má velký význam pro řadu životních funkcí a zejména pro fotosyntézu. Snížení intenzity transpirace, způsobené nedostatkem vody, podstatně mění obvyklý průběh fyziologických procesů v listech. Dojde k zvýšení se teploty listů, porušení koloidního systému protoplazmy, potlačení fotosyntézy, zesílení dýchání a další. Za určitou hranici nabývají tyto změny patologického charakteru, stávají se nezvratnými, dochází k úhynu listů a později může nastat i smrt celé rostliny (Rubin, 1996).

Intenzita transpirace kolísá během dne a vegetačního období, ale i jako celek je poměrně vysoká. Pozorováním je dokázáno, že při dostatečném zásobení vodou v horkém období se zásoby vody v listech úplně obnovují přibližně každou hodinu. V nočních hodinách se transpirace výrazně snižuje, ale téměř nikdy neustává. Je zřejmé, že rovnováha vody se může udržovat v transpirující tkáni jen při nepřetržité kompenzaci úbytku vody vzniklého transpirací, a to příjmem vody z půdy.

4.2.2. Stomatální vodivost

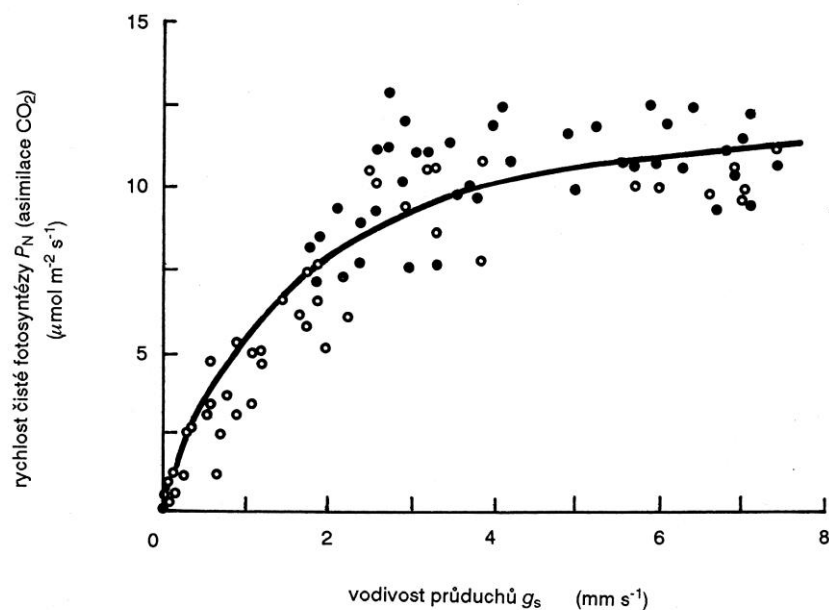
Jak již bylo zmíněno, transpirace závisí na fyzikálních podmínkách, které ovlivňují výpar, ovšem jen tehdy, kdy se nemění stav průduchů (zůstávají stejně otevřené, nebo uzavřené). Jen tehdy je množství vydané vody přímo úměrné „výparné síle“ vzduchu. Schopnost rostliny řídit otevírání průduchů jí umožňuje přizpůsobovat rychlost transpirace potřebám vlastní vodní bilance.

Změny stavu průduchů lze měřit porometricky. Difúzní porometrií můžeme stanovit hodnoty difúzního odporu průduchů, které jsou nejpřesnější mírou stupně jejich otevření. Je užitečnější popisovat procesy ovládnání průduchů přímo, pomocí změn difúzního odporu (nebo vodivosti) průduchů, spíše než změnami rychlosti transpirace. Rychlost a účinnost

ovládání průduchů se výrazně liší u různých druhů rostlin a hlavně podle stanoviště (Larcher, 1998).

K tomu, aby mohla probíhat fotosyntetická fixace CO_2 musí být dostatečný a stálý přísun CO_2 do listů difuzí z vnější atmosféry přes průduchové póry, buněčné stěny mezofylu, mezibuněčné prostory, cytoplazmu, plazmalemu a membránu chloroplastů. Každá z částí difúzní dráhy klade transportu CO_2 určitý odpor, tyto odpory se sčítají, jelikož jsou „zapojeny“ za sebou. Ze všech největší a nejvíce proměnlivý odpor představují průduchy. Vodivost průduchů je tedy mírou dostupnosti CO_2 pro biochemický a fotochemický aparát fotosyntézy, znázorněno na obr. č. 4.

Obr. č. 4: Vztah mezi rychlostí fotosyntézy a vodivostí průduchů.



Obr. 2.25 Vztah mezi rychlostí fotosyntézy (P_N) a vodivostí průduchů pro vodu (g_s). Body byly získány v experimentu, kdy se měnila vlhkost vzduchu (rozdíl mezi tlakem vodní páry v listu a ve volné atmosféře) (plné symboly) nebo vodní potenciál prýtu (prázdné symboly).

(Procházka, 1998)

Difúzní vodivost listu ovlivňuje přísun CO_2 do fotochemického a biochemického aparátu fixace CO_2 . Fotosyntéza spotřebovává přísunovaný plyn a tím, snižuje koncentraci CO_2 uvnitř listu. Jestliže jsou průduchy uzavřeny, rychlost fotosyntézy je limitována dostupností CO_2 a koncentrace CO_2 v intracelulárních prostorech je blízká koncentraci CO_2 v tzv. kompenzačním bodu. Kompenzační bod, je bod, kdy příjem CO_2 fotosyntézou je roven výdeji CO_2 respirací.

Vodivost průduchů není jen jednosměrný regulační ventil, který reguluje tok CO₂ do fotosyntézy, podle toho kolik vody je možné pro rostlinu ztratit. Vodivost zpětně zvažuje i kapacitu mezofylových buněk pro fixaci CO₂. Průduchová vodivost, koncentrace CO₂ uvnitř listu a rychlost fotosyntézy, jsou tři ukazatelé, zda a do jaké míry je rychlost fotosyntézy, v dané chvíli limitována uzavřením průduchů a do jaké míry dalšími ukazateli (Procházka, 1998).

4.2.2.1. Stres

Definování stresorů nelze zobecňovat. Neboť to, co je pro určitý druh stresovým prostředím, může být pro jiný druh úplně přirozeným prostředím. Pokud proměnlivost negativních faktorů překročí určitou mez (tolerance rostliny), lze hovořit o stresu rostliny, objeví se poruchy struktur jednotlivých funkcí a poté i orgánů rostliny (Bláha, 2003).

Stres je vystavení rostliny mimořádně nepříznivým podmínkám, to ještě nemusí nutně znamenat ohrožení jejího života, ale vyvolání „poplachové“ odpovědi, což může být obranná, nebo adaptační reakce organismu (Larcher, 2001).

Skupina reakcí, která se spustí pod vlivem stresorů, se jmenuje stresová reakce. Stresová reakce má čtyři fáze – poplachová fáze, restituční fáze, fáze rezistence a fáze vyčerpání. Poplachová fáze je zahájena hned po účinku stresoru, tedy spíše kombinací více stresorů. Jejich působením jsou narušeny buněčné struktury a životní funkce rostliny. V restituční fázi, nedojde-li k překročení letální meze, začnou pracovat kompenzační mechanismy. Tyto mechanismy směřují ke zvýšené odolnosti rostliny ve fázi rezistence. Při dlouhodobém vlivu stresorů nemusí být zvýšená odolnost rostliny vždy trvalého charakteru a může dojít opět k poklesu ve fázi vyčerpání (Bláha, 2003).

4.2.2.2. Voda

Voda je základní složkou všech živých rostlin, je nezbytná pro udržení jejich struktury i funkcí, tvoří asi 75 – 90 % celkové hmotnosti rostlin. Voda je nezbytná pro biochemické a biofyzikální procesy probíhající v rostlinách, ale je i významnou složkou okolního vnějšího prostředí. Je rozpouštědlem a prostředím, ve kterém se uskutečňuje příjem, transport a

metabolismus látek, má vysokou tepelnou stabilitu, čímž stabilizuje teplotu rostliny, je polární, má vysokou soudržnost molekul, vysoké povrchové napětí, má schopnost výparu, čímž chrání rostlinu proti přehřátí (Stocking, 1949).

Denní spotřeba vody závisí na rostlinném druhu a na vnějším prostředí. Pro růst a vývoj chmele uvádí autoři různé množství potřebné vody. Např.: Linke, Rebel (1950) uvažují se spotřebou 300 l vody na kilogram organické hmoty chmele. Vent (1963) uvádí, že pro vytvoření 1 kg zelené hmoty je zapotřebí až 500 l vody. Zázvorka, Zima (1956) vypočetli potřebu srážek podle produkce sušiny z 1 ha a došli k množství srážek 235 mm.

Předpokladem výnosu jsou ovšem nejen srážky, ale i optimální teplota. Na to, kdy je chmel nejnáročnější na dostatek srážek se názory autorů velmi liší. Linke (1942) předpokládá dobrý výnos při správném rozdělení srážek v měsících květen, červen, červenec. Naopak podle Osvalda (1963) nejsou květnové srážky tak důležité, jako červnové a červencové. Slavík (1972) uvádí, že chmel je nejnáročnější na srážky v době nejintenzivnějšího růstu, tedy v červnu. Hautke, Petříček (1972) konstatují, že na výši výnosu mají značný vliv srážky na přelomu července a srpna.

Studium závlahových režimů chmele je stále velmi řešené téma. Při dodávání závlahové vody může dojít ke zvýšení výnosu až o 20 – 26 % (Ristic, 1986, Kopecký, 1991, Slavík, Kopecký, 1994). V letech 1997 a 1998 probíhal pokus, kde byl zkoumán rozdíl ve vývoji listové plochy u zavlažovaných a nezavlažovaných chmelových rostlin.

Vodu můžeme rozlišit podle pohyblivosti v rostlině na vázanou a volnou. Za vodu vázanou se považují ty formy, které se nechovají jako čistá voda, tzn. mají jiné vlastnosti – nemrzou při teplotě 0 °C (Hniličková, 2001).

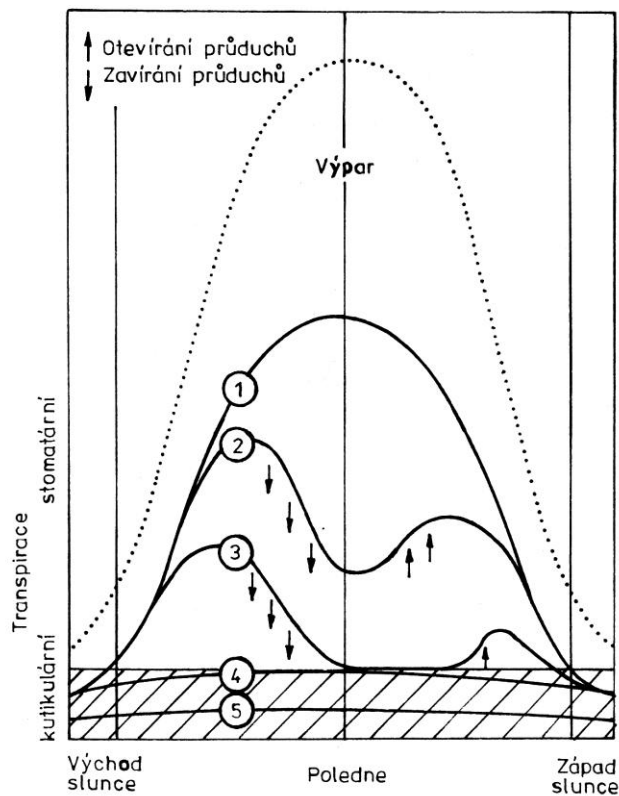
4.2.2.3. Sucho – faktor vyvolávající stres

Sucho je období chudé na srážky, obsah vody v půdě se sníží natolik, že rostliny trpí jejím nedostatkem. Místa, kde roční výpar převyšuje celkové roční srážky, nastává sucho pravidelně a dlouhodobě. Podnebí v těchto místech je označováno jako aridní a je pro něj charakteristické zvýšené zasolení půdy oproti tomu místo s nadbytečnými srážkami je označováno jako humidní. Uvádí se, že až třetina plochy povrchu Země trpí nedostatkem srážek. Rozsáhlé suché oblasti se nacházejí hlavně mezi 15° a 30° severní i jižní šířky a na závětrných stranách vysokých horských pásem. Směrem k vnitrozemí se klima mění od

oblastí s humidním podnebím přes semiaridní (přechodné oblasti s příležitostnými nebo pravidelnými obdobími sucha) až po aridní.

Pokud srážky nejsou po dobu několik dnů, či dokonce týdnů, vyčerpají se zásoby vody v půdě a vodní bilance rostlin se postupem času zhoršuje. V případě, že taková situace nastane, snižují rostliny svoji spotřebu tím, že otevírají průduchy méně a na kratší dobu. Postup omezování transpirace je ilustrován na obr. 5: nejdříve se transpirace snižuje v poledních hodinách, pak se přestane objevovat její opětované zvýšení v odpoledních hodinách a ještě později se průduchy otevírají jen ráno. Nakonec, ovšem pokud ještě mají rostliny dostatečný obsah vody, zcela ustává stomatální transpirace a rostliny transpirují jen kutikulárně.

Obr. č. 5: Denní průběh transpirace.



Obr. 5.27. Změny denního průběhu transpirace při postupně se zhoršujícím zásobování rostlin vodou (křivky 1 až 5). Šipky označují pohyby průduchů (zavírání nebo otevírání) vyvolané změnami vodní bilance rostlin. V dolní části obrázku je vyznačen rozsah, v němž probíhá pouze kutikulární transpirace. Jednotlivé křivky znázorňují: 1 – ničím neomezenou transpiraci, 2 – polední snížení transpirace způsobené částečným uzavřením průduchů, 3 – transpiraci při úplném uzavření průduchů v poledních hodinách, 4 – úplné přerušení stomatární transpirace způsobené trvalým uzavřením průduchů (probíhá jen kutikulární transpirace), 5 – snížení kutikulární transpirace způsobené smršťováním membrán při vysychání. Podle Stockera (1956). Podrobný přehled reakcí a adaptací rostlin k nedostatku vody uvádějí Turner a Begg (1981).

(Larcher, 1998)

O množství vody, která se dostane do rostliny, rozhoduje více faktorů. Nejen klimatické podmínky, ale i vztah mezi půdou a množstvím srážek, dále vztah mezi půdou a rostlinou a nakonec i vztah mezi rostlinou a okolním prostředím (vlhkost vzduch, vítr, teplota...). Tyto vztahy se všechny vzájemně prolínají a jsou na sobě určitým způsobem závislé (Lieth, 1973).

Sucho – způsobuje zpomalení růstu, ovlivňuje příjem a transport kyslíku a oxidu uhličitého, způsobuje hromadění prolinu a toxických látek, negativně ovlivňuje stavbu kutikuly, počet průduchů, mění se koncentrace ABA, která ovlivňuje uzavírání průduchů a aktivitu enzymů (Larcher, 1998).

Mnoho studií potvrdilo, že při nedostatku vody jsou v rostlinách poškozeny fyziologické procesy. Byla také dokázána souvislost mezi půdním nedostatkem vody a metabolickými procesy v rostlině. Jakou jsou např.: uzavírání průduchů, zpomalená transpirace, fotosyntéza, asimilace a horší schopnost reprodukce (Stocking, 1949).

4.2.2.4. Vodní stres

Vodní stres – nedostatek vody je nejčastěji ovlivněn zasolením a suchem. Vodní stres stojí mezi stresovými faktory jak po fyzické tak i chemické stránce na prvním místě. Voda má velmi rychlý koloběh na rozdíl od minerálních živin a její zásoba v půdě stačí jen na velmi krátkou dobu. Doplnování vody z vodních srážek je nepravidelné, nahodilé a mohou vznikat velké výkyvy v příjmu vody rostlinou.

Pojem sucho neznamená jen dlouhodobý nedostatek srážek, ale také krátkodobé výkyvy v dodávkách přirozených srážek v průběhu hlavní vegetace. Rostlina je schopna přijímat vodu pouze v kapalném skupenství, což může být problém zejména v zimních měsících. Problematika vodního stresu není jednoduchý, ani snadno řešitelný problém a souvisí s řadou dalších faktorů. Při příjmu oxidu uhličitého při fotosyntéze otevřenými průduchy vzniká obvykle taková vodní ztráta, kterou nelze okamžitě nahradit.

Nejvíce postiženým orgánem jsou vždy listy. Nejcitlivěji reaguje na nedostatek vody dlouhivý růst buněk orgánů, které byly postiženy. Nejvyšší úlohou vody je udržování turgidity. Turgor u rostlin má hlavní úlohu při růstu a prodlužování buněk. Další důležitou roli hraje při otevírání průduchů a pohybu listů. Růst začíná zvětšováním objemu buňky absorpcí vody do vakuol a zvětšením plochy povrchu buněčné stěny. Nedostatkem vody je dlouhivý růst

inhibován zrovna ve fázi, kdy na primární buněčné stěně probíhá proces vkládání nových stavebních buněk mezi staré. Již při velmi malých ztrátách vody dochází ke změřitelnému zpomalení růstu. Nedostatek vody u rostlin ovlivňuje především průduchy, jejichž uzavíráním zpomaluje výměnu CO₂.

Na nedostatek vody reaguje rostlina tvorbou velké řady látek, které zvyšují osmotický tlak v buňkách, zejména se zvyšuje koncentrace kyseliny abscisové (ABA). Zvýšení koncentrace ABA v listech má za následek zavírání průduchů. Zavírání průduchů omezuje výměnu plynů, to má za následek snížení rychlosti fotosyntézy i dýchání. Příjem CO₂ dosahuje normálních rychlostí jen ve velmi úzkém rozsahu dostatečného zásobování vodou. Mimo tento rozsah příjem klesá a nakonec se zastaví úplně. Na křivce závislosti výměny plynů při ztrátě vody můžeme vidět dva důležité kritické body: bod přechodu z plného výkonu do oblasti omezení a bod, ve kterém je výměna plynů nulová. První kritický bod odpovídá takovému nedostatku vody, kdy se začínají průduchy uzavírat, difúzní odpor průduchů tak začne převyšovat reziduální odpor. Jestliže rostlina po dosažení prvního kritického bodu opět získá vodu, nastane rychlá obnova výměny plynů. Při dosažení druhého kritického bodu, jsou průduchy zcela uzavřeny a projevuje se i přímý účinek nedostatku vody na protoplazmu. Příjem CO₂ z vnějšku už neprobíhá. Při přísunu vody se obnova opožděje a za určitých podmínek se už po silném vyschnutí nemusí obnovit vůbec (Bláha, 2003).

Závislost stomatální vodivosti listů a vodního stresu potvrdila Pou, (2014) ve svém pokusu s vinnou révou. Byly zjištěny významné korelace mezi vypočtenými indexy vodního stresu a naměřenou stomatální vodivostí (Pou, 2014).

4.3. Ekonomika chmele

Česká republika je třetí největší světový producent chmele řadí se hned za USA a Německo. Přes 80% vypěstovaného chmele na českých chmelnicích je vyváženo do zahraničí. Největšími odběrateli jsou Japonsko, Anglie, Holandsko, Rusko a Čína. Česká republika má zároveň největší plochu, na které je pěstována jedna odrůda a největším producentem jemného aromatického chmele s nižším výnosovým potenciálem. Podařilo se získat zeměpisnou ochrannou známku Evropské unie pro Žatecký chmel.

4.3.1. Unie na ochranu práv nových odrůd

Unie na ochranu práv nových odrůd rostlin (dále též UPOV) vznikla roku 1961 v Paříži na základě přijetí Mezinárodní úmluvy na ochranu práv k novým odrůdám rostlin. UPOV je mezinárodní vládní organizace a členství v ní je podmíněno národním zákonem, který je v souladu s Úmluvou POV. Organizační struktura UPOV (International Union for the Protection of New Variety of Plants) byla již několikrát změněna, její poslední podoba je z roku 1991. Ke květnu 2009 měl UPOV 67 členů a další země jsou v jednání se sekretariátem unie s cílem dosáhnout členství. Nejvyšší rozhodovací pravomocí má Rada UPOV, administrativní činnost zajišťuje sekretariát UPOV, v jehož čele stojí zástupce generálního tajemníka WIPO (Světová organizace duševního vlastnictví).

Ochrana práv v ČR je upravena zákonem: Předpis č. 408/2000 Sb. Zákon o ochraně práv k odrůdám rostlin a o změně zákona č. 92/1996 Sb., o odrůdách, osivu a sadbě pěstovaných rostlin, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o ochraně práv k odrůdám).

Před udělením práv k odrůdě musí být přezkoumáno úřední autoritou. V ČR to je Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ), zkoumá se, zda odrůda splňuje požadavky zákona. ÚKZÚZ také eviduje charakteristiky odrůdy, aby mohla být jednoznačně identifikována v případě potřeby. Národní odrůdový úřad, který je součástí ÚKZÚZ Brno je správcem agendy ochrany práv k odrůdám, přijímá žádosti o udělení práv k odrůdě, vydává šlechtitelské osvědčení a vybírá poplatky ke všem úkonům uvedeným v zákoně. K srpnu 2009 bylo v ČR chráněno 669 odrůd. Z platné legislativy je zřejmé, že každý zájemce si může vybrat způsob ochrany své odrůdy. Každý uživatel chráněné odrůdy je povinen respektovat práva spojené s pěstováním chráněné odrůdy (www.eagri.cz).

4.3.1.1. Příklady ochranných známek registrovaných odrůd chmele.

Obr. č. 6: Ochranná známka chmelu.



(www.zateckychmel.cz)

4.3.2. Vliv zemědělské politiky na sektor chmelařství

České zemědělství prošlo zásadními změnami v 90. letech po přechodu od plánované ekonomiky na tržní ekonomický systém. Další změny přišly po roce 2004 při vstupu České republiky do Evropské unie. Pěstování chmele v našich podmínkách je součástí společné zemědělské politiky Evropské unie podporované systémem tzv. přímých plateb. Od roku 2010 mohou pěstitelé v rámci systému plateb TOP UP využívat pouze decoupané platby. Vstup do Evropské unie znamenal pro pěstitelé chmele významnou ztrátu a vytvoření určité konkurenční nevýhody. Dotace na 1Ha chmelnic v ČR v porovnání s jinými zeměmi EU je nepoměrně nižší (Analýza vývoje sektoru chmelařství, 2010).

5. Charakteristika pokusu

Pokus probíhal v létě roku 2013 s mladými rostlinami chmele odrůd Kazbek, Bohemia, Rubín a genotypů S 313 a H16. Rostliny byly pěstovány v automatizovaném skleníku Katedry botaniky a fyziologie rostlin FAPPZ ČZU v Praze, za přirozených světelných a teplotních podmínek v květináčích se zahradním substrátem.

Pokusné rostliny byly rozděleny do dvou skupin kontrolní a stresované. Kontrolní skupina byla pravidelně zalévána a u stresovaných rostlin byla záливka přerušena. Od každé odrůdy probíhal pokus na třech rostlinách a to v podobě třech měření. Pokus byl prováděn v termínu od 20.5.2013 do 2.6.2013, byl ukončen ve chvíli úplné dehydratace stresovaných rostlin. Měření probíhalo každé pondělí, středu a pátek v dopoledních hodinách. Bylo uskutečněno celkem sedm měření.

5.1. Porometr AP4

Pro měření stomatální vodivosti jsem použila přístroj zvaný porometr AP4 od společnosti Delta-T device. Cyklický porometr měří stomatální vodivost respektive odpor. Průduchy na povrchu listů jsou citlivé na světlo, výměnu plynů, patogenní látky a stres. Metoda spočívá v měření času potřebného k tomu, aby zkoumaný list vyprodukoval dostatečné množství vodních par, aby se změnila vlhkost v malé komůrce uprostřed snímače na požadovanou úroveň. Stomatální odpor je určen porovnáním naměřené hodnoty a hodnoty kalibrační destičky, jejíž odpor je nám znám. Hodnoty, které naměříme, se ukládají do interní paměti přístroje a lze po skončení měření exportovat do počítače. Technická specifikace jsou uvedeny v tabulce č. 1 a porometr je vyobrazen na obr. č. 7 (ftp://ftp.dynamax.com/manuals/AP4_Manual.pdf).

Obr. č. 7 Porometr.



(www.ekotechnika.cz)

Obr. č. 8: Senzorová hlavice porometru snímající list.

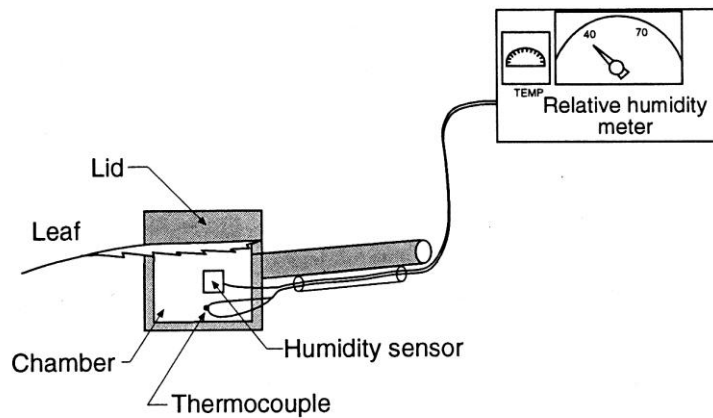


Figure 7.16 Diagrammatic representation of a transient porometer used to determine leaf conductance and transpiration. The lid is closed over a leaf and the data logger records the rate of change in air relative humidity and temperature. The faster the rate of change in relative humidity, the greater the amount of water added to the chamber by the leaf.

(Nilsen, 1996)

tabulka č. 1

Senzorová hlavice	
Rozměry	110 x 30 x 27 mm
Hmotnost	130 g (včetně kabelu)
Komůrky	2,5 – 17, 5 mm (čtvercová) průměr 6mm (kruhová)
Délka kabelu	1,2 m
Vlhkostní senzor	Vaisala 1518 HM
Teplotní senzor	Betatherm 100k
Senzor světla	GaAsP fotodioda

(www.kbfr .agrobiologie.cz)

Tabulka č. 2

Řídící jednotka	
Rozhraní	LDC 8 řádků 40 znaků, QWERTY klávesnice, RS 232
PROM Software	Verze 2
Baterie	Provoz 20 h životnost 200 – 2000 nabíjecích cyklů Nabíjení: 12 – 15 V, 0,5 A, cca 14 h
Paměť	32 kB, 630 – 1600 záznamů
Pracovní teplota	0 – 50
Pracovní vlhkost	10 – 90 %

(www.kbfr .agrobiologie.cz)

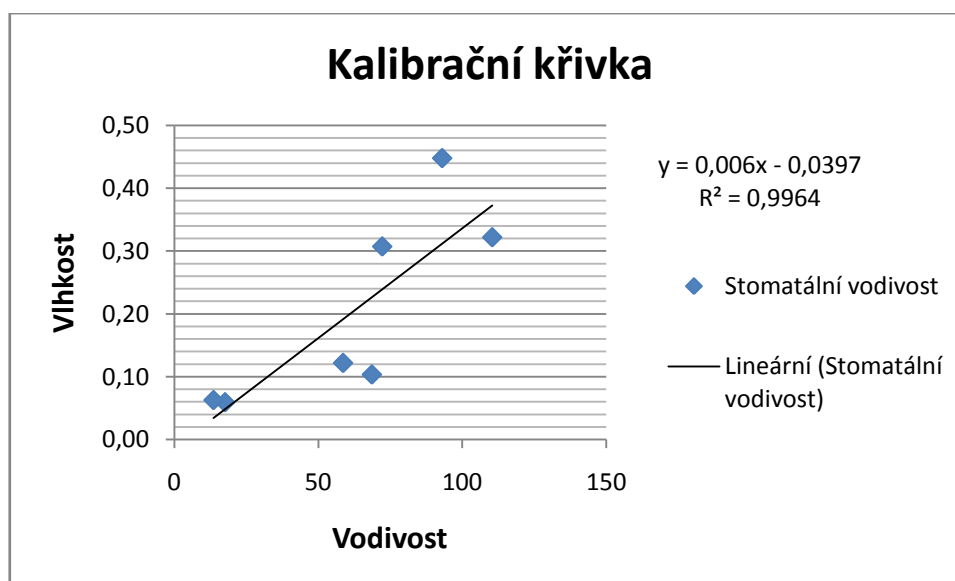
5.2. Obsah vody v půdě

Pro tento výzkum jsme zvolili nepřímou metodu měření půdní vlhkosti. Nepřímé znamená, že přístroj neměří přímo vlhkost půdy, ale jinou veličinu, která je na vlhkosti závislá. Půdní vlhkost později zjistíme přepočtem z naměřené veličiny. V našem případě nám může posloužit kalibrační křivka. K měření jsme používali přístroj zvaný Theta Probe Soil Moisture Sensor ML2x a čtecí zřízení Moisture Meter HH2 od výrobce Delta-T Devices.

Elektrická kapacita kondenzátoru, kde je jako dielektrikum použito půdy, je závislá na půdní vlhkosti. Pokud je kondenzátor postavený z kovových destiček nebo jehel umístěný do půdy připojen na oscilátor tak, aby vytvořil elektrický obvod, mohou být změny půdní vlhkosti detekovány pomocí vyvolaných změn pracovní frekvence obvodu. Sondy jsou tvořeny dvěma nebo více elektrodami (destičkami nebo jehlami), které jsou umístěny do půdy. Když je aplikováno elektrické pole, půda v okolí elektrod funguje jako dielektrikum kondenzátoru a doplní tak oscilační obvod. Měření může být ovlivněno teplotou, salinitou, objemovou hmotností půdy a obsahem jílu v půdě. Je doporučeno provést pro každou jednotlivou půdu kalibraci.

Hmotnostní vlhkost zeminy pokusných rostlin jsme z elektrické vodivosti půdy, naměřené přístrojem, vypočítali na základě rovnice. Při výpočtu hmotnostní vlhkosti jsme vycházeli z rovnice $y = ax + b$, kde a je rovno hodnotě 0,0006 a b je rovno hodnotě 0,0397. Tyto hodnoty jsme získali z kalibrační křivky. Neznámé x a y v případě této rovnice vyjadřují: x je naměřená vodivost půdy (mV) a y zastupuje hodnotu dopočítávané hmotnostní vlhkosti zeminy. Hodnota kolmačního koeficientu $R^2=0,9964$, což je hodnota blízká jedné, to nám zaručuje v celku přesný přepočítání elektrické vodivosti na hmotnostní vlhkost půdy. Na obr. č. 8 můžeme vidět kalibrační křivku, již s hmotnostní vlhkostí (www.hydropedologie.agrobiologie.cz).

Obr. č. 8 Kalibrační křivka



Obr. č. 9: Theta Probe Soil Moisture Sensor ML2x



(www.delta-t.co.uk)

6. Metodika – charakteristika pokusného materiálu

6.1. Odrůda Kazbek

První z odrůd, která byla testována, se jmenuje Kazbek. Odrůda Kazbek byla získána výběrem z potomstva hybridního materiálu, kde je v původu ruský planý chmel. Aroma chmelových hlávek je kořenité-citronové. Chmelové hlávky jsou podlouhlé, hustě až velmi hustě nasazené. Špičky krycích listenů jsou odkloněné od chmelové hlávky. Průměrná hmotnost 100 hlávek je v rozmezí 13,0 – 16,5 g. Vřeténko je pravidelné, dlouhé 13 – 16 mm. Skladovatelnost je vyhovující.

Kazbek je aromatická odrůda pro druhé chmelení, nebo případně studené chmelení. Obsahy chmelových pryskyřic je znázorněn v tabulce č. 3 a obsahy chmelových polyfenolů v tabulce č. 4. Je používán také pro výrobu pelet (granulí) (Atlas českých odrůd chmele, Chmelařský institut).

Tabulka č. 3: Obsahy chmelových pryskyřic

Chmelové pryskyřice	
Celkové pryskyřice (% hm.)	17 -22
Alfa kyseliny (% hm.)	5,0 – 8
Beta kyseliny	4,0 – 6,0
Poměr alfa/beta	0,9 – 1,5
Kohumulon (% rel)	35 – 40
Kolupulon (% rel)	57 – 62

(Chmelařský institut, 2012)

Tabulka č. 4: Obsahy chmelových polyfenolů

Chmelové polyfenoly	
Celkové polyfenoly (% hm.)	3,5 – 4,5
Xanthohumul (% hm.)	0,30 – 0,45
DMX (% hm.)	0,10 – 0,20

(Chmelařský institut, 2012)

6.2. Odrůda Bohemie

Odrůda Bohemie byla získána výběrem z potomstva F1 generace po matečné aromatické odrůdě Sládek a z rozpracovaného šlechtitelského materiálu, který má v původu Žatecký poloraný červeňák. Chmelové hlávky jsou středně až dlouze vejčité, hustě nasazené. - Průměrná hmotnost 100 hlávek je rozmezí mezi 17 – 20 g. Vřetenko je pravidelné, dlouhé 16 – 20 mm. Aroma chmelových hlávek je slabě kořenité, chmelové. Skladovatelnost je vyhovující.

Bohemie je aromatická odrůda pro druhé chmelení. Obsahy chmelových pryskyřic jsou uvedeny v tabulce č. 5 a obsahy chmelových polyfenolů v tabulce č. 6. Je využívána také na výrobu pelet (granulí) (Atlas českých odrůd chmele, Chmelařský institut).

Tabulka č. 5: Obsahy chmelových pryskyřic

Chmelové pryskyřice	
Celkové pryskyřice (% hm.)	22 – 26
Alfa kyseliny (% hm.)	5,0 – 8,0
Beta kyseliny	6,0 – 9,0
Poměr alfa/beta	0,8 – 1,0
Kohumulon (% rel)	23 – 26
Kolupulon (% rel)	40 – 45

(Chmelařský institut, 2012)

Tabulka č. 6: Obsahy chmelových polyfenolů

Chmelové polyfenoly	
Celkové polyfenoly (% hm.)	3,5 – 4,5
Xanthohumol (% hm.)	0,50 – 0,75
DMX (% hm.)	0,10 – 0,20

(Chmelařský institut, 2012)

6.3. Odrůda Rubín

Rubín byl získán výběrem z potomstva odrůdy Bor a samčí rostliny, která je několikanásobným křížencem hybridního materiálu – Žateckého poloraného červeňáku a odrůdy Northern Brewer. Název Rubín je dán barvou révy. Rostlina je mohutného vzrůstu, válcovitého tvaru s dlouhými pazochy. Réva je středně silná, červenofialová a má středně husté nasazení hlávek. Hlávky jsou podlouhlé a jejich průměrná hmotnost je 100 hlávek v rozmezí 14 – 18 g. Vřetenko je pravidelné a dlouhé 15 - 20 mm. Aroma chmelových hlávek je kořenité až hrubě kořenité. Po technické zralosti může vůně vykazovat sirné stopy, což je způsobeno vysokým obsahem siličných složek selinenů. Skladovatelnost je dobrá.

Rubín je hořká odrůda „dual purpose“ pro druhé chmelení. Obsahy chmelový pryskyřic jsou uvedeny v tabulce č. 7 a obsahy chmelových polyfenolů v tabulce č. 8. Je využíván také pro výrobu pelet (granulí) (Atlas českých odrůd chmele, Chmelařský institut).

Tabulka č. 7: Obsahy chmelových pryskyřic

Chmelové pryskyřice	
Celkové pryskyřice (% hm.)	22 – 27
Alfa kyseliny (% hm.)	9,0 – 12,0
Beta kyseliny	3,5 – 5,0
Poměr alfa/beta	2,5 – 3,2
Kohumulon (% rel)	25 – 33
Kolupulon (% rel)	45 -52

(Chmelařský institut, 2012)

Tabulka č. 8: Obsahy chmelových polyfenolů

Chmelové polyfenoly	
Celkové polyfenoly (% hm.)	3,0 – 4,5
Xanthohumul (% hm.)	0,45 – 0,75
DMX (% hm.)	0,05 – 0,10

(Chmelařský institut, 2012)

6.4. Genotyp S 313

S 313 je anglická zakrslá odrůda First Gold.

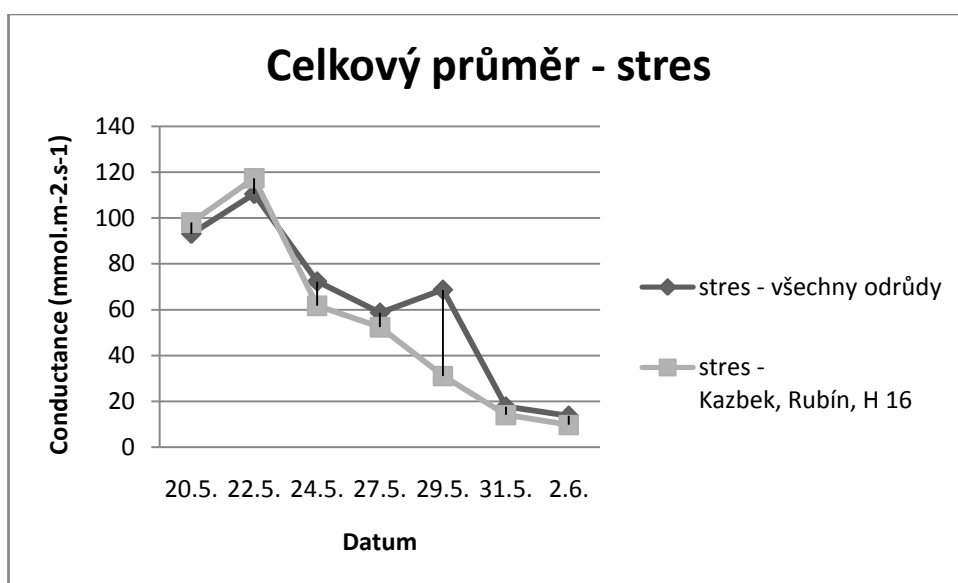
6.4.1. Genotyp H 16

H 16 je anglické křížení rezistentní na mšice pod označením ARO.

7. Výsledky

7.1. Stomatální vodivost

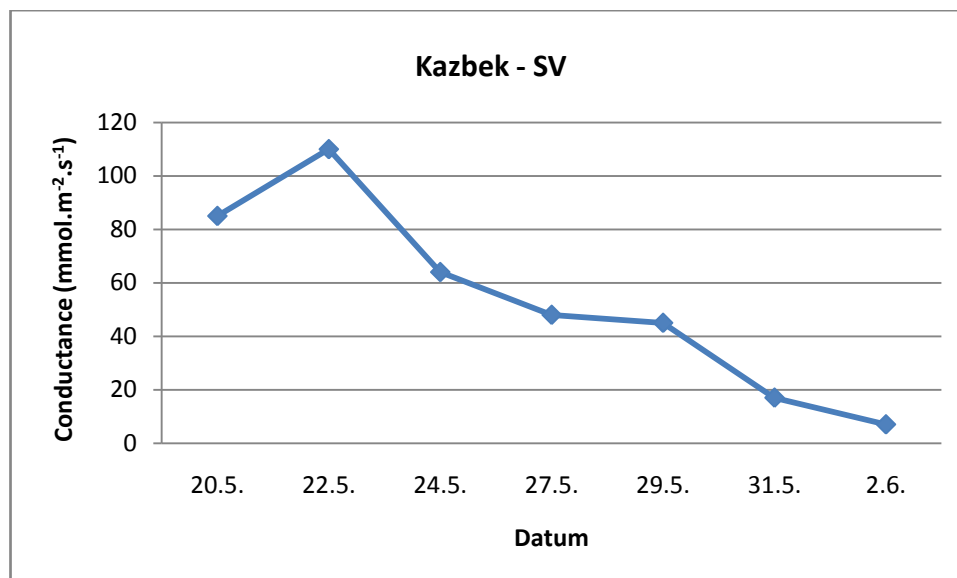
Společně u všech pěti testovaných stresovaných odrůd byli naměřeny průměrné hodnoty stomatální vodivosti v intervalu od nejvyšší $110 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (22.5.) po nejnižší $14 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (2.6.). U kontrolních odrůd se naměřené hodnoty stomatální vodivosti pohybovaly v rozmezí od $231 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ do $41 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Průměrná SV stresovaných rostlin byla $62 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, což znamená pokles o 46 % oproti kontrolnímu měření. V grafu č. 1 je znázorněn průběh průměrné stomatální vodivosti všech stresovaných odrůd a srovnání jen se třemi odrůdami, u kterých nebylo měření chybné. Protože průběh SV u odrůdy Bohemia a genotypu S 313 budeme muset hodnotit jako chybný, z důvodu zalití rostlin. I z tohoto grafu je patrné, že by chybně naměřené odrůdy výrazně ovlivnily celkový průměr SV.



Graf č. 1: Průměrná stomatální vodivost ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) v závislosti na termínu měření.

7.1.1. Kazbek

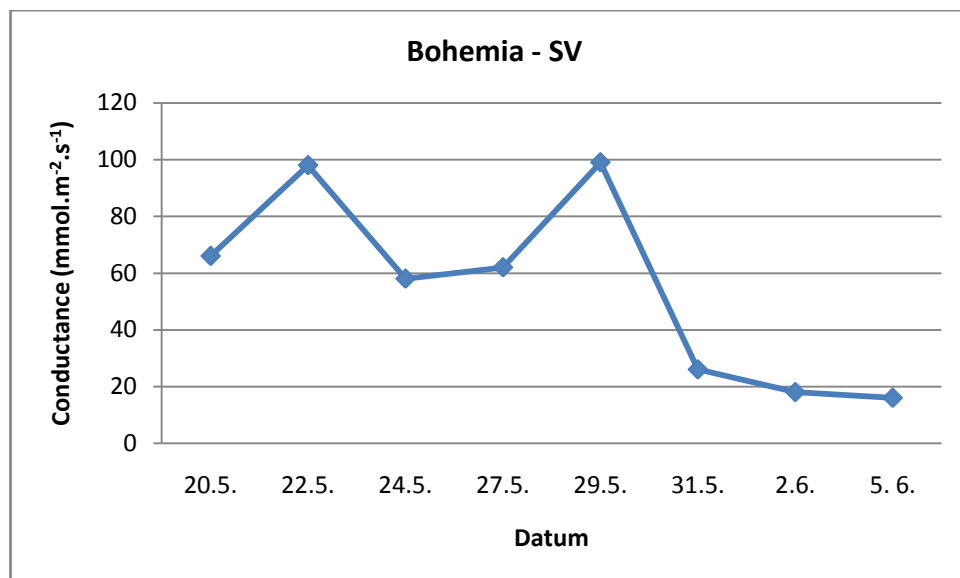
Graf č. 2 znázorňuje změnu SV u testované odrůdy Kazbek. Pokles SV probíhal plynule největší výkyv byl zaznamenán, na začátku měření přesně mezi druhým a třetím měřením (tj. od 22.5 do 24.5.), a to o $46 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Nejvyšší naměřená hodnota byla $110 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (22.5.) a stomatalní vodivost klesla až na $7 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (2.6.), což byla úplně nejnižší naměřená hodnota za celou dobu pokusu.



Graf č. 2: Průměrná stomatální vodivost ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) odrůdy Kazbek v závislosti na termínu.

7.1.2. Bohemie

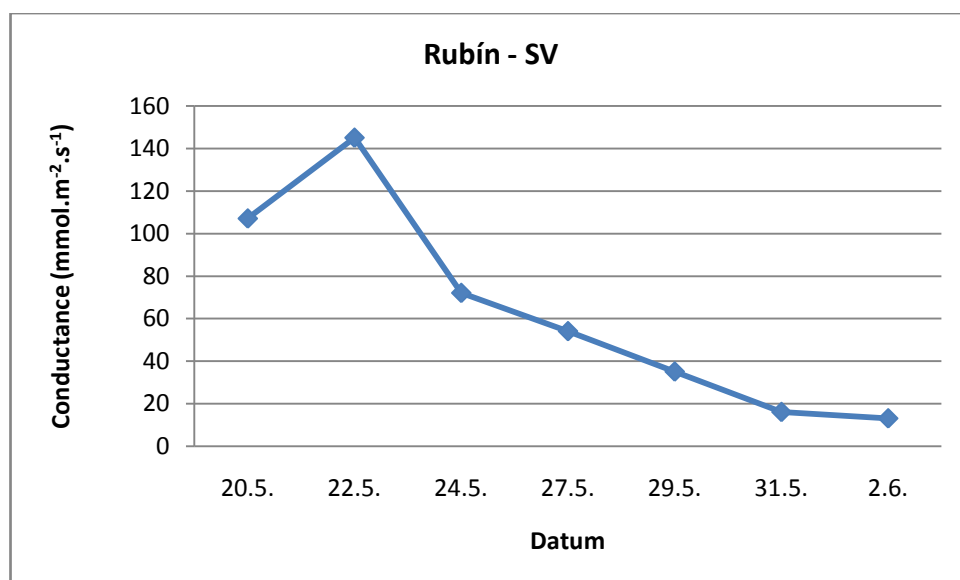
Následující graf č. 3 znázorňuje průběh stresové reakce odrůdy Bohemie. Pokus s odrůdami Bohemie trval vůbec ze všech nejdéle, protože stomatální vodivost bylo možné naměřit ještě 5.6.2013. V tomto termínu, již byly ostatní odrůdy chmele uhynulé. Dalo by se tedy říci, že odrůda Bohemie je nejvíce odolná vůči vodnímu stresu. V průběhu reakce ovšem došlo k datu 29.5. k výraznému zvýšení stomatální vodivosti oproti předchozímu měření a to 37,4 %. Zároveň byla v tento termín naměřena i nejvyšší průměrná stomatální vodivost a to 99 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Proto páté měření musíme označit za chybné. Hodnota je příliš vysoká. Chyby byla zřejmě způsobena zalitím stresovaných rostlin (viz. Další kapitola – srovnání stomatální vodivosti a hmotnostní vlhkost). Nejnižší naměřená průměrná hodnota byla 16 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.



Graf č. 3: Průměrná stomatální vodivost ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) odrůdy Bohemie v závislosti na termínu.

7.1.3. Rubín

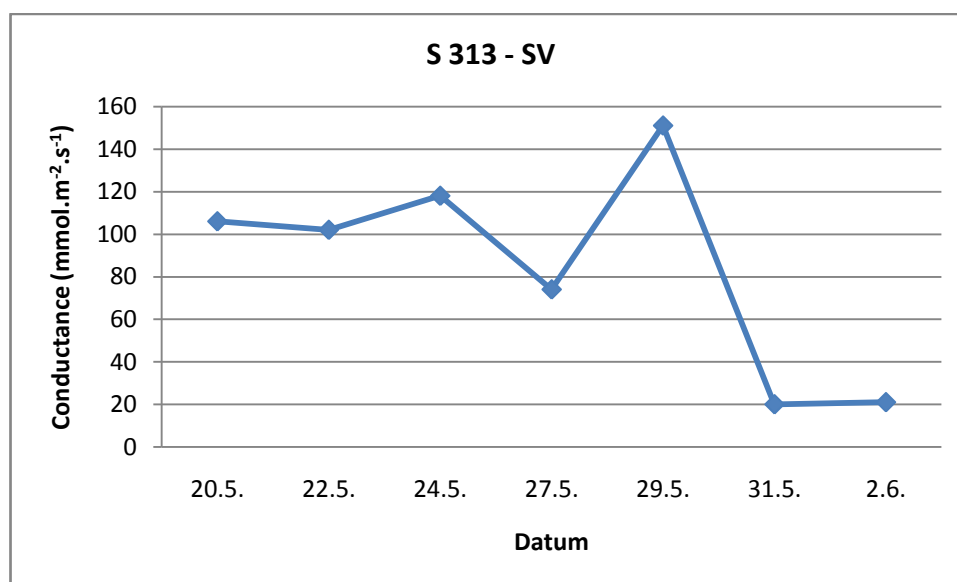
V grafu č. 4 je zaznamenán průběh stresové reakce odrůdy Rubín. U odrůdy Rubín byla stomatální vodivost nejvíce plynulá. Největší pokles byl zaznamenán z 22.5. na 24.5. o 19 %. Reakce probíhala podle očekávání. Celkově klesla SV téměř o 91 %.



Graf č. 4 Průměrná stomatální vodivost ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) odrůdy Rubín v závislosti na termínu.

7.1.4. S 313

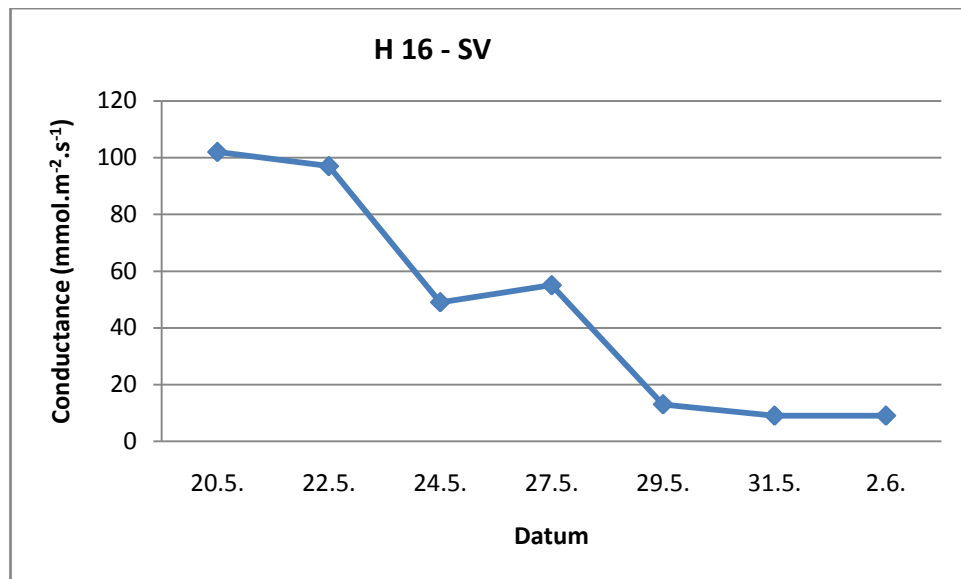
Stresová reakce odrůdy S 313 je zaznamenána na grafu č. 5. U odrůdy S 313 byl naměřen stejný úkaz jako u odrůdy Bohemia a to, že k termínu 29.5. hodnota stomatální vodivosti rapidně stoupa a dokonce předčila všechny hodnoty naměřené na začátku pokusu. 29.5. byla naměřena hodnota $151 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, což je vůbec nevyšší naměřená hodnota za celý průběh pokusu. Průběh pokusu budeme stejně jako u odrůdy Bohemia muset hodnotit jako chybný. Nejvyšší hodnota naměřená při pátém měření mohla být způsobena chybným zalitím stresovaných rostlin (viz. Další kapitola – srovnání stomatální vodivosti a hmotnostní vlhkosti).



Graf č. 5: Průměrná stomatální vodivost ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) genotypu S 313 v závislosti na termínu.

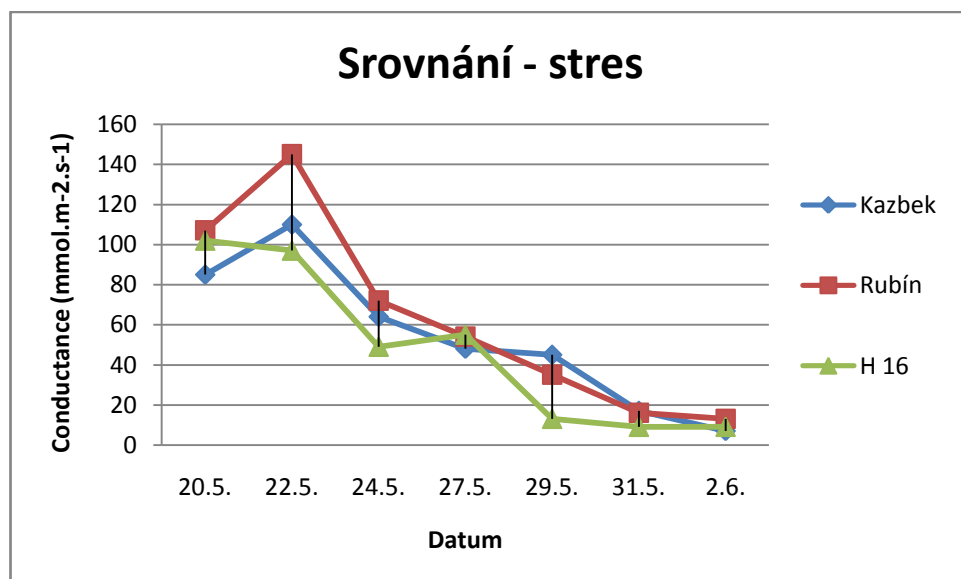
7.1.5. H 16

Průběh stresové reakce posledního testovaného genotypu H 16 je znázorněn na grafu č. 6. Průběh pokusu u genotypu H 16 byl také velmi plynulý, podobný jako u odrůdy Rubín. Malý výkyv byl zaznamenán jen při čtvrtém měření a to zvýšení o 6 ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). U této odrůdy byly naměřeny při posledních třech měření nejnižší hodnoty.



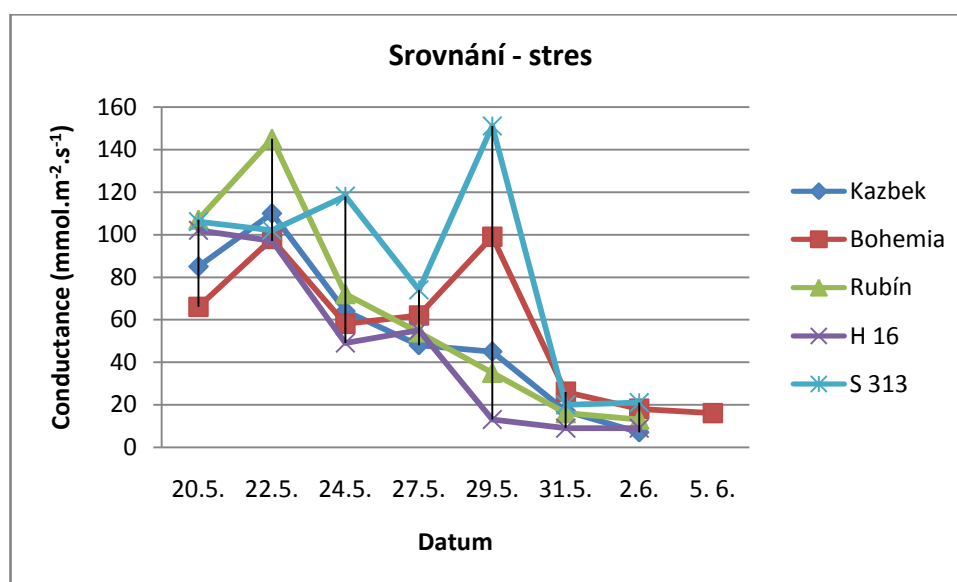
Graf č. 6: Průměrná stomatální vodivost (mmol.m⁻².s⁻¹) genotypu H 16 v závislosti na termínu.

Srovnání odrůd Kazbek, Rubín a H 16 je vyobrazeno na grafu č. 7. Odrůdy Bohemia a S 313 bohužel nemůžeme do konečných výsledků zahrnout, protože průběh pokusu byl zhodnocen jako chybný. SV srovnávaných odrůd měla velmi podobný průběh. Nejméně odolnou odrůdou bychom zhodnotili H 16, protože i přesto, že počáteční stomatální vodivost je téměř stejná jako u odrůdy Rubín, poslední tři hodnoty jsou nižší než u odrůdy Rubín. Odrůda Kazbek začíná trochu nižší hodnotou, ovšem asi uprostřed pokusu se SV pohybovala téměř v rovině, oproti dvěma dalším odrůdám, kdy u čtvrtého měření dochází k rapidnímu poklesu. Ke konci pokusu, ale hodnoty u odrůdy Kazbek rapidně klesají, přičemž poslední dvě hodnoty jsou nejmenší naměřené hodnoty za celý výzkum.



Graf č. 7: Porovnání třech odrůd Kazbek, Rubín a H 16 - průměrná stomatální vodivost v závislosti na termínu.

V grafu č. 8 je znázorněn průběh stomatální vodivosti všech pokusných rostlin (Kazbek, Bohemia, Rubín, S 313 a H 16), tedy včetně odrůd, které jsme z pokusu vyřadili.

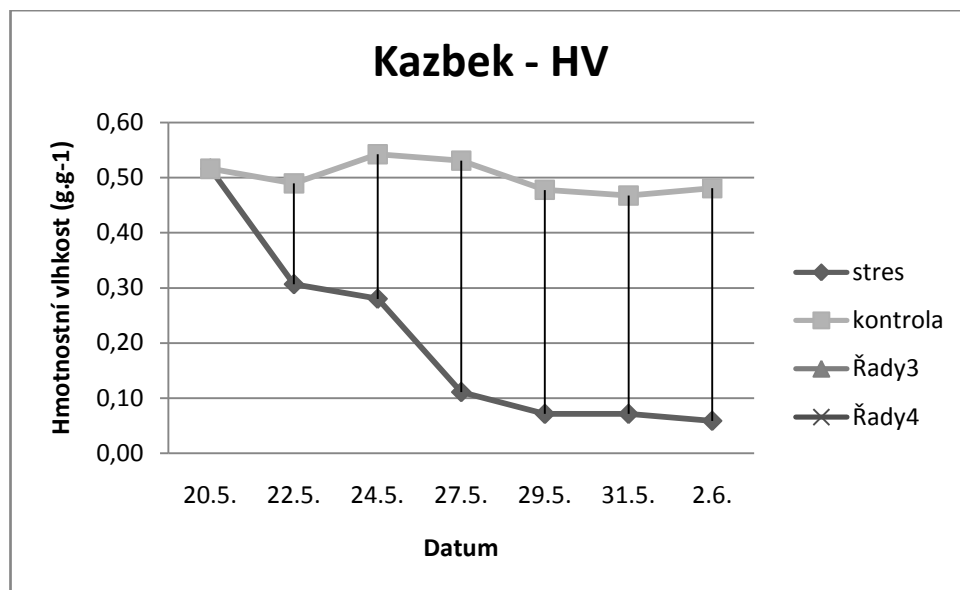


Graf č. 8: Porovnání všech odrůd Kazbek, Bohemia, Rubín, S 313 a H 16 - průměrná stomatální vodivost v závislosti na termínu.

7.2. Hmotnostní vlhkost

7.2.1.1. Kazbek

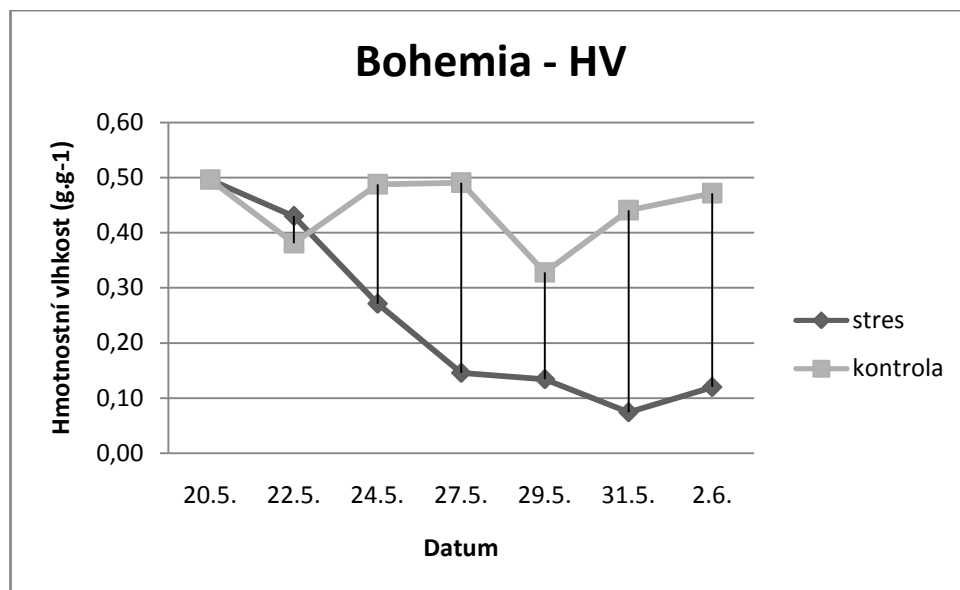
Graf č. 9 znázorňuje průběh klesání hmotnostní vlhkosti odrůd Kazbek, srovnání hmotnostní vlhkosti u kontrolních rostlin a stresovaných. Na začátku pokusu (20.5.) byla hmotnostní vlhkost u obou skupin stejná $0,52 \text{ g.g}^{-1}$. Na konci pokusu byla hodnota hmotnostní vlhkosti u stresovaných rostlin $0,05 \text{ g.g}^{-1}$ a u kontrolních $0,48 \text{ g.g}^{-1}$, tzn. hmotnostní vlhkost zeminy klesla o 89,5%. Největší pokles byl zaznamenán při čtvrtém měření, rozdíl mezi skupinami byl $0,42 \text{ g.g}^{-1}$. Ke konci měření hmotnostní vlhkost u stresovaných rostlin klesala už jen o velmi malé hodnoty.



Graf. č. 9: Průměrná hmotnostní vlhkost ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) odrůdy Kazbek v závislosti na termínu.

7.2.1.2. Bohemia

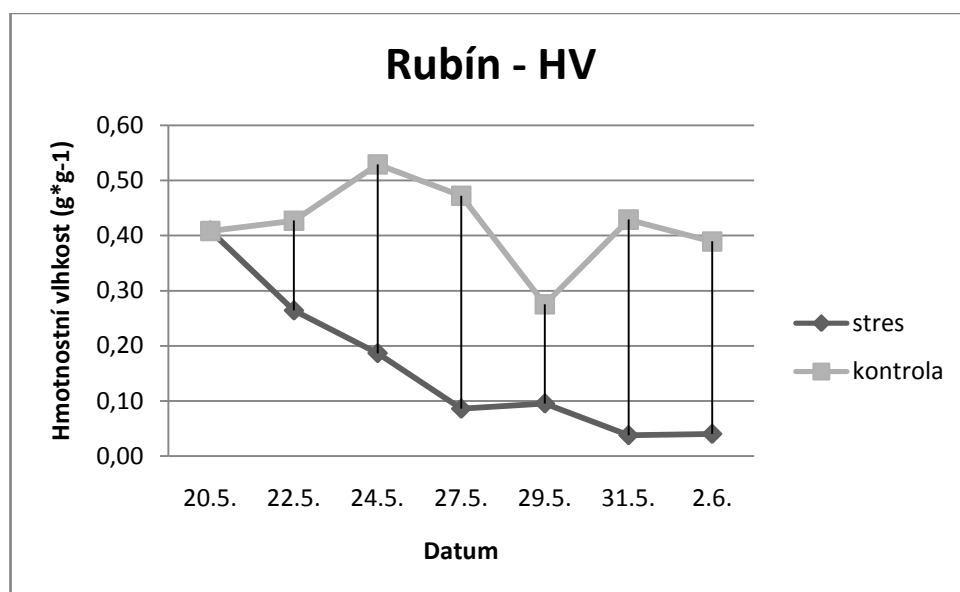
Na grafu č. 10 je vyobrazen pokles hmotnostní vlhkosti odrůdy Bohemia, srovnání kontrolní skupiny se stresovanou. Na začátku pokusu byla hmotnostní vlhkost $0,50 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$. Hmotnostní vlhkost opět nejvíce klesala na začátku měření, ke konci už se pohybovala okolo $0,12 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$. Při posledním měření (2.6) byl rozdíl stresované skupiny oproti kontrolní 74,5%. Při posledním měření došlo k mírnému zvýšení HV oproti předposlednímu. Odrůda Bohemia měla v druhé polovině pokusu vyšší HV než další sledované odrůdy. I z těchto dat můžeme soudit chybné zalití rostlin, tedy i špatné výsledky SV.



Graf. č. 11: Průměrná hmotnostní vlhkost (g.g^{-1}) odrůdy Bohemie v závislosti na termínu.

7.2.1.3. Rubín

Graf. č. 12 popisuje srovnání hmotnostních vlhkostí kontrolních a stresovaných rostlin odrůdy Rubín. Počáteční hmotnostní vlhkost byla $0,41 \text{ g.g}^{-1}$, což je o více než 90% více než hodnota posledního měření. U kontrolního měření jsem zaznamenaly výkyv při pátém měření (29.5.), na stresované rostliny to ovšem nemělo vliv. Průběh pokusu byl velice obdobný jako u odrůdy Kazbek.

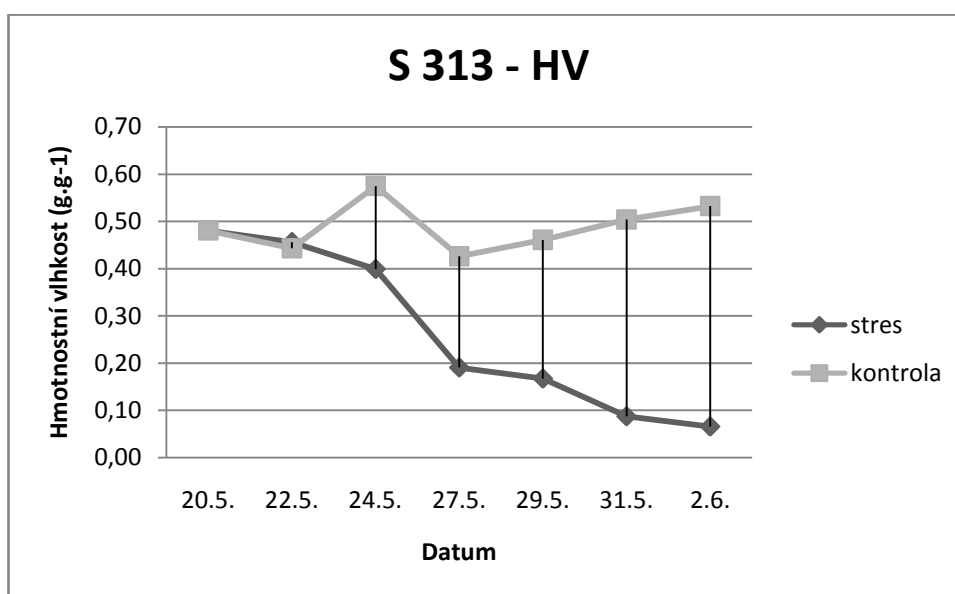


Graf. č. 12: Průměrná hmotnostní vlhkost (g.g^{-1}) odrůdy Rubín v závislosti na termínu.

7.2.1.4. S 313

V grafu č. 13 můžeme vidět srovnání hmotnostních vlhkostí genotypu S 313. První naměřená hodnota je $0,48 \text{ g.g}^{-1}$, na rozdíl od předchozích odrůd i ke konci klesala HV o vyšší hodnoty. V průběhu celé reakce klesla hmotnostní vlhkost o 86,4%. V termínu 29.5. byla naměřená hodnota HV rovná $0,17 \text{ g.g}^{-1}$, což je téměř o 70 % více než u odrůd Kazbek, Rubín a H 16. Konečné hodnoty se pohybovali okolo hodnoty $0,1 \text{ g.g}^{-1}$, což asi o 50 % více než u odrůd Kazbek, Rubín a H 16, z toho můžeme soudit chybné zalití stresovaných rostlin, tedy i chybné výsledky SV.

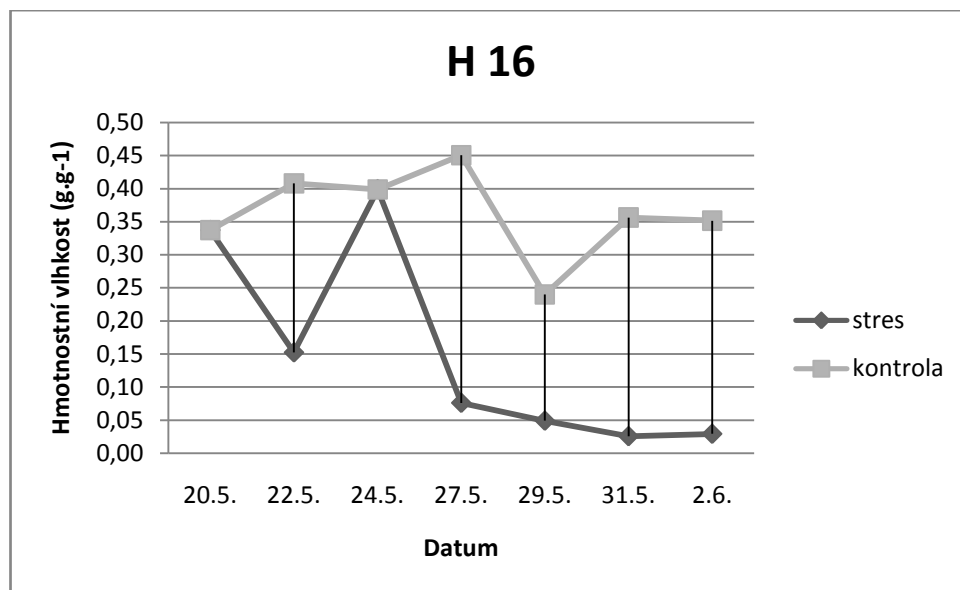
Graf. č. 13: Průměrná hmotnostní vlhkost (g.g^{-1}) genotypu S 313 v závislosti na termínu.



Graf. č. 13: Průměrná hmotnostní vlhkost (g.g^{-1}) genotypu S 313 v závislosti na termínu.

7.2.1.5. H 16

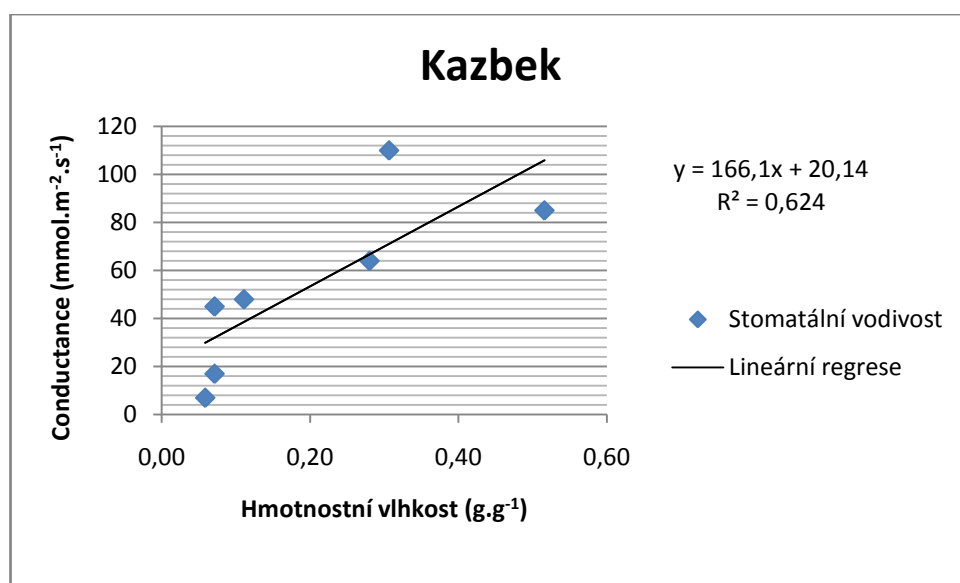
Hmotnostní vlhkost poslední ze zkoumaných odrůd, odrůdy H 16, můžeme vidět na grafu č. 14. Tato odrůda měla počáteční HV $0,34 \text{ g.g}^{-1}$. Při třetím měření se hodnoty stresované i kontrolní skupiny shodovaly. HV začala klesat při čtvrtém měření, rozdíl mezi třetím a čtvrtým měřením byl 52,6 %. Ke konci pokusu byly naměřeny nejnižší hodnoty, stejně jako u SV.



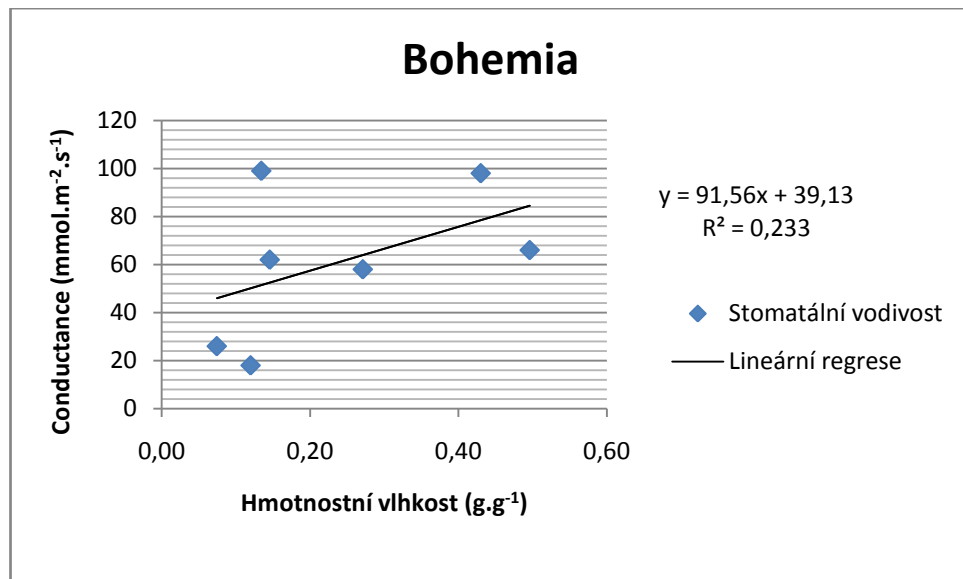
Graf. č. 14: Průměrná hmotnostní vlhkost (g.g⁻¹) genotypu H 16 v závislosti na termínu.

7.3. Závislosti stomatální vodivosti na hmotnostní vlhkosti

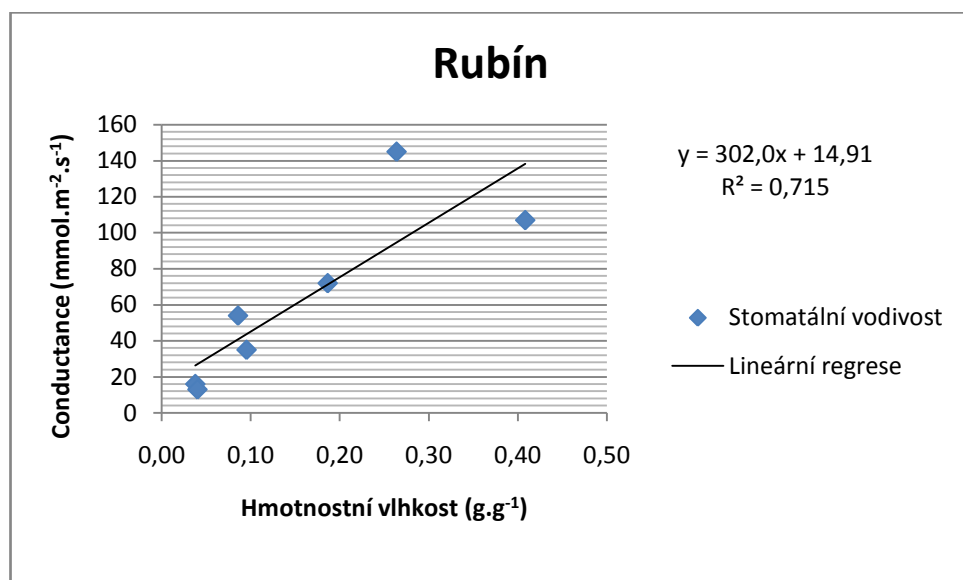
V grafech č. 15, 16, 17, 18 a 19 je znázorněna závislost stomatální vodivosti na hmotnostní vlhkosti. Čím více, se hodnota korelačního koeficientu (R^2) blíží jedné, tím je závislost SV na HV větší. Nejvyšší korelační koeficient vyšel u odrůdy Rubín ($R^2=0,715$) a u odrůdy Kazbek ($R^2=0,624$). U ostatních odrůd byla hodnota nižší než 0,5.



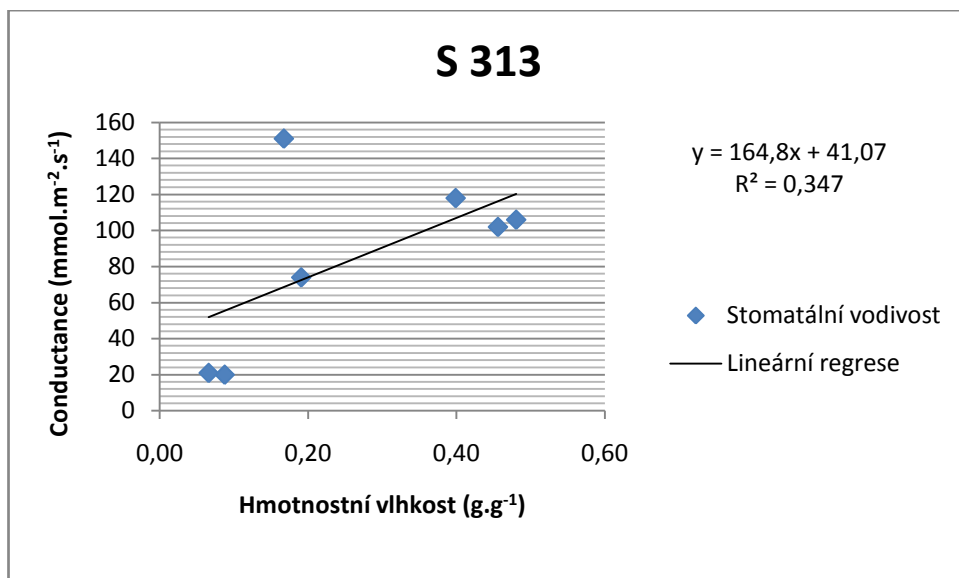
Graf.č 15: Závislost stomatální vodivosti na hmotnostní vlhkosti u odrůdy Kazbek.



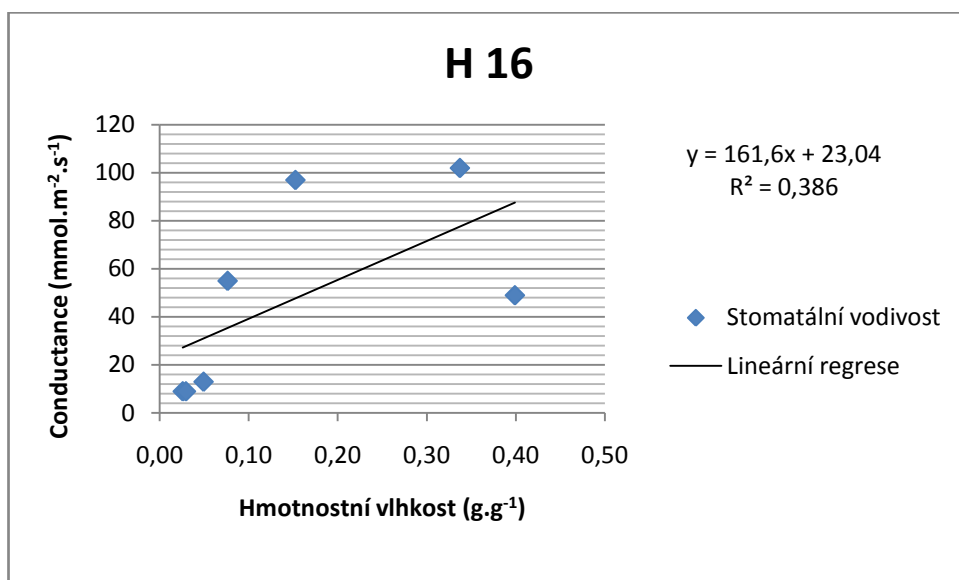
Graf. č. 16: Závislost stomatální vodivosti na hmotnostní vlhkosti u odrůdy Bohemia.



Graf. č. 17: Závislost stomatální vodivosti na hmotnostní vlhkosti u odrůdy Rubín.



Graf. č. 18: Závislost stomatální vodivosti na hmotnostní vlhkosti u genotypu S 313.



Graf. č. 19: Závislost stomatální vodivosti na hmotnostní vlhkosti u genotypu H 16.

8. Diskuse

8.1. Stomatální vodivost

V pokusu byla zkoumána stomatální vodivost třech odrůd (Kazbek, Bohemia, Rubín) a dvou genotypů (S 313, H 16). Průměrné hodnoty SV u stresovaných odrůd pohybovaly v rozmezí od 110 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ do 14 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Průměrná hodnota SV stresovaných rostlin chmele byla 62 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, což představuje pokles oproti kontrolní skupině o 46 %.

Hniličková (2007) uvádí hodnoty SV u stresovaných rostlin chmele v rozmezí od 10 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ do 130 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Průměrná hodnota SV stresovaných rostlin chmele byla 74 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, což představuje pokles ve srovnání s kontrolními o 68 %.

Vild (2013) uvádí průměrnou SV u stresovaných rostlin chmele v rozmezí od 168 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ do 8 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Průměrná SV stresovaných rostlin chmele byla 60 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, což je pokles o 57 %.

Při srovnání svých výsledků s výsledky Vilda a Hniličkové, by se dalo říci, že vycházejí velice podobně. U Hniličkové byl pokles SV ještě o 24 % větší než v mém pokusu. Zřejmě je to způsobeno vyššími hodnotami v průběhu pokusu, protože konečné hodnoty se liší jen o velmi málo. S pokusem Vilda si bylo testování ještě bližší, celkový pokles se lišil jen o 11 %. A to i přesto, že počáteční hodnota byla o hodně vyšší než při mém měření.

Jindřich (2011) naměřil průměrnou SV u stresovaných rostlin chmele v rozpětí od 370 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ do 30 $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

S těmito výsledky se moje práce nedá srovnat, protože počáteční i konečná hodnota u Jindřicha byla o hodně vyšší. Vyšší hodnoty jsou zřejmě způsobeny jinými pěstebními podmínkami, nebo jinými odrůdami.

Závislost stomatální vodivosti na vodním stresu potvrdil ve své studii i Enrique (2013). Enrique zkoumal stav průduchů, fotosyntézu a další parametry při vodním stresu. Může potvrdit, že při polusu došlo k evidentnímu poklesu fotosyntézy, snížení vodivosti průduchů, tedy i snížení transpirace.

Bacelar (2007) také ve své studii potvrdil závislost stomatální vodivosti v podmínkách vodního stresu. Měřil pokles fotosyntézy u vybraných druhů právě přes uzavírání průduchů.

Blackman (2009) ve své studii zkoumal, jakou funkci má voda, která je vedena listem na list. Potvrdil, že při vodním deficitu list uzavírá průduchy, tím je výměna plynů je omezena.

8.2. Hmotnostní vlhkost

Hmotnostní vlhkost zeminy úzce souvisí, jak se stomatální vodivostí, tak i s celou řadou další fyziologických procesů v rostlině. Spojitost mezi stomatální vodivostí listů rostliny a hmotnostní vlhkostí půdy potvrdil i Ocheltree (2014) ve svém pokusu s obilovinami. Vodivost průduchů těsně koreluje s vlhkostí půdy. Čím menší vlhkost půdy, tím hůře probíhá výměna plynů a schopnosti vody pohybovat se v rostlině na dlouhé vzdálenosti.

Bláhová (2013) zjistila měřením hmotnostní vlhkost zeminy na konci pokusu $0,09 \text{ g.g}^{-1}$ u stresovaných mladých rostlin chmele.

Vild (2013) zjistil měřením hmotnostní vlhkost zeminy na konci pokusu také $0,09 \text{ g.g}^{-1}$ u stresovaných rostlin chmele.

V mém pokusu vyšla konečná hodnota hmotnostní vlhkosti $0,05 \text{ g.g}^{-1}$ u stresovaných rostlin chmele.

Ve všech třech zmíněných pokusech je hodnota hmotnostní vlhkosti na konci pokusu velice podobná, u Bláhové a Vilda se dokonce shoduje.

Všechny tyto práce včetně té mojí potvrzují závislost stomatální vodivosti a hmotnostní vlhkosti, a zároveň je průkazné, že obě tyto veličiny jsou závislé na závlahové vodě. Tzn. Hodnoty SV i HV klesají při nedostatku vody – v podmínkách vodního stresu.

9. Závěr

Z pokusu, při kterém byly měřeny charakteristiky stomatální vodivosti a hmotnostní vlhkost na mladých odrůdách chmelu při umělých podmínkách vodního stresu. Z celkem pěti zkoumaných odrůd (Kazbek, Bohemie, Rubín, S 313 a H16), bylo možné konečné srovnání výsledků hodnotit jen u třech odrůd – Kazbek, Rubín, H 16. U rostlin Bohemia a H 16, musíme bohužel konstatovat chybný průběh reakce. Do následujících závěrů nebudou zahrnuty. Z průběhu měření vyplývají následující závěry:

- Stomatální vodivost se u stresovaných rostlin pohybovala průměrně od $93 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (první průměrné měření 20.5.) do $14 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (poslední měření 2.6.).
- Nejvyšší naměřená hodnota stomatální vodivosti byla $147 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ u odrůdy Rubín při druhém měření (22.5.) a nejnižší u odrůdy Kazbek $7 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ při posledním měření (2.6.).
- Největší pokles stomatální vodivosti v závislosti na čase byl zaznamenán u odrůdy Kazbek (93,6 %), ovšem i u odrůd Rubín a H 16 klesla SV téměř o 91 %.
- U odrůdy Kazbek v polovině pokusu vycházely hodnoty vyšší než u předchozích odrůd, ovšem při posledních dvou měření došlo k rapidnímu poklesu a byla naměřena nižší hodnota vůbec.
- Hmotnostní vlhkost u stresovaných rostlin pohybovala průměrně od 0,45 (první průměrné měření) $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ do 0,06 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ (poslední průměrné měření).
- Nejvyšší naměřená hodnota hmotnostní vlhkosti byla 0,52 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ u odrůdy Kazbek při prvním měření (20.5.) a nejnižší u odrůdy H 16 0,03 $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ při posledním měření (2.6.).
- Největší pokles HV byl zaznamenán u odrůdy H 16 o 91,2 % a Rubín o 90,2 %.
- U odrůdy Kazbek jsme zaznamenali pokles HV o 88,5 %, oproti prvnímu měření, hodnoty však nebyly nejnižší, nejnižší hodnoty ke konci pokusu byly naměřeny u odrůdy H 16.
- Nejméně odolná odrůda vůči vodnímu stresu se z mého pokusu jeví odrůda Kazbek.
- Mírně odolnější jsou odrůda Rubín a genotyp H 16.

10. Přehled použité literatury:

Analýza vývoje sektoru chmelařství. (2010). Ústav zemědělské ekonomiky a informací.

Bacelar, A., E., Mountinho-Pereira, J., M.Goncalves, B., C. a kol. (2006). Change growth, gas exchange, xylem hydraulic properties and water use efficiency of three olive cultivars under contrasting water availability regres. Environmental and experimental botany. Issue 2, 2007-6. Str. 183-192.

Bláha, L., Bocková, R., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Mollerová, J., Štolcová, J., Ziegerová, J. (2003). Rostlina a stres. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 80-86555-32-1.

Bláhová, R. (2013). Vliv vodního stresu na rychlost fotosyntézy a transpirace mladých rostlin chmele. Bakalářská práce.

Balla, k., Bencze, S., Bonis, P., Arendas, T., Veisz, O. (2014). Changes in the photosynthetic efficiency od winter beat in response to abiotic stress. Central europen journalis of biology. Issue 5, 2014-5. Str. 519-530.

Blackman, C.J., Brodribb, T. J., Jordan, G. J. (2009). Leaf hydraulics and drought stress: response, recovery and survivorship in four woody temperate plant species. Plant cell and environment. Issue 11, 2009-01. Str. 1584-1595.

Enrique, C., Ayala, C., Orozco, J., a kol. (2013). Gas exchange and mass distribution of the cowpea (*Vigna unguiculata*) under water deficit. Agronomia Columbiana. Issue 3, 2013-12. Str. 288-296.

Hniličková, H. (2001). Vliv abiotických stresů na vlastnosti rostlin. Výzkumný ústav rostlinné výroby v Praze. ISBN 80-213-0766-8.

Hniličková, H., Hnilička, F. (2007). Vliv vodního deficitu na vybrané fyziologické charakteristiky chmele. Praha: vědecký ústav rostlinné výroby Ruzyně. Str. 200-203.

Chmelařský institut. (2012). Atlas českých odrůd chmele. Žatec: Reise.

Jindřich, M. (2011). Vliv vodního deficitu na rychlost výměny plynů u chmele. Bakalářská práce, str. 26-38.

Larcher, W. (1998). Fyziologická ekologie rostlin. Praha: Academia nakladatelství Československé akademie věd. ISSN 21-102-88.

Larcher, W. (2001). Physiological Plant Ecology. Stuttgart: Springer – Verlag Berlin Heidelberg New York. ISBN 3 540 43516 6.

Lieth, H. (1973). Primary production: terrestrial ecosystem. Human Ecology. Str. 303 – 332.

Ministerstvo zemědělství (2013). Právní ochrana odrůd ČR. [on-line], [cit. 2013-10-12], Načteno z < http://eagri.cz/public/web/file/112513/InformaceOP_2014.pdf>

Mussell, H., Staples, R. C. (1977). Stress Physiology in crop plants. New York: Institute for Plant Research. ISBN 0-471-03809-1.

Nepřímé metody měření půdní vlhkosti. [on-line], [cit. 2014-03-01], Načteno z < <http://hydropedologie.agrobiologie.cz/neprime.html>>

Nilsen, T. E., Orcutt, D. M. (1996). New York: The physiology of plants under stress. Includes bibliographical references. ISBN 0-471-03512-6.

Ocheltree, T. W., Nippert J. B., Kirkham, M.B., Prasad, P.V. (2014). Partitioning hydraulic resistance in Sorghum bicolor leaves reverses Unix correlations with stomatal conductance during drought. Functional plant biology. Issue 1, 2014. Str. 25-36.

Porometr. [on-line], [cit. 2014-03-01], Načteno z
< ftp://ftp.dynamax.com/manuals/AP4_Manual.pdf >

Pou, A., Diago, M. P., Medrano, H., Baluja, J., Tardaguila, J. (2013). Validation of thermal indices for water status identification in grapevine. Agricultural water management. 2014-04. Str. 60-72.

Procházka, S., a kol. (2007). Morfologie a fyziologie rostlin. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-125-8.

Procházka, S., Macháčová, I., Krekule, J., Šebánek, J., a kol. (2007). Fyziologie rostlin. Praha: Akademie věd České republiky. ISBN 80-200-0586-2.

Stocking, C. R., Currier, H. B., Crafts, A. S. (1949). Water in the Physiology for plants. Watham: edit by Prans Verdon.

Rubin, B. A. (1966). Fyziologie rostlin. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd Praha. ISSN 21 111 66.

Rybáček, V. (1980). Chmelařství. Praha: Státní zemědělské vydavatelství. ISSN 07 068 80.

Rybáček, V. (1977). Hop production. Amsterdam: Includes bibliographical references. INBN 0-4444-98770-3.

Větvička, V., Neborová, H. (2000). Naše příroda. Praha. Copyright reader's Digest Výběr. ISBN 80-86196-15-1.

Vild, T. (2013). Vliv vodního stresu na stomatální vodivost chmele. Bakalářská práce. Str. 33-41.