

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Pěstování chmele v ekologickém zemědělství
a posouzení rychlosti fotosyntézy a transpirace listů

Diplomová práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc.

Autor práce: Bc. Pavel Donner

2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Pěstování chmele v ekologickém zemědělství a posouzení vlivu pěstitelských opatření na rychlost fotosyntézy a transpirace chmele“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiloženém seznamu literatury.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Úvodem diplomové práce děkuji vedoucímu mé práce, prof. Ing. Josefu Pulkrábkovi, CSc., za cenné rady při vedení mé práce, Ing. Josefu Ježkovi, PhD., za poskytnutí rad a materiálů, i všem ostatním, především rodině, přítelkyni a přátelům.

SOUHRN

Ekologické zemědělství (EZ) je moderním a v současnosti perspektivním způsobem hospodaření. Klade důraz na kvalitu a zdravotní nezávadnost produkce. V tomto systému jsou používány pouze přírodní a ekologicky získané vstupy. Globálně se zvyšuje poptávka po ekologické produkci, včetně chmele, související se změnou životního stylu populace. V České republice jsou v současnosti čtyři pěstitelé hospodařící na celkem 9,61 ha chmelnic v ekologickém režimu. Ochrana chmele v EZ je zajišťována především preventivními zásahy (čistota chmelnic, včasný úklid chmelnic po sklizni, vysévání podsevů zvyšujících biodiverzitu biotopu atd.), biopreparáty (chemické – extrakty i biologické – obsahující živé organismy) a povolenými přípravky (fungicidy) na bázi mědi. Výživa je zajišťována hnojem z ekologické produkce, případně kompostem nebo močůvkou, a zeleným hnojením.

Sledováním rychlosti fotosyntézy lze zjistit, v jakých fázích dne i celé vegetace a za jakých vnějších podmínek jsou rostliny nejvíce aktivní, čili nejvíce produktivní, případně jaké zásahy jejich aktivitu ovlivňují. Měřením pomocí přístroje LC pro+ bylo zjištěno, že pazochové listy vykazují vyšší rychlost fotosyntézy, než listy révové. Rychlost fotosyntézy pazochovýh listů se v letech 2011 - 2013 pohybovala mezi 120 - 184 % oproti révovým listům. Nebyla však zjištěna závislost výnosu na rychlosti fotosyntézy v průběhu pokusů. V některých letech, kdy bylo dosaženo nižších rychlostí fotosyntézy, bylo dosaženo vyšších výnosů, než když byla fotosyntetická aktivita vyšší. Tvorba výnosu je tedy multifaktorový komplex, na němž se podílí z velké části především ročník a průběh počasí. Rychlost fotosyntézy révových listů se v letech 2011 - 2013 pohybovala od 3,29 do 8,33 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost fotosyntézy pazochovýh listů se pohybovala od 6,05 do 9,89 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Listy napadené peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) vykazují výrazně nižší rychlost fotosyntézy, než listy napadené dřepčíkem chmelovým (*Psylliodes attenuatus*) a listy kontrolní, tedy na úrovni 26 - 51 % oproti kontrole. Rozdíl rychlosti transpirace kontrolních listů a listů poškozených dřepčíkem chmelovým je statisticky nevýznamný. Rychlost transpirace listů napadených peronosporou chmelovou se pohybovala na úrovni 62 - 97 % oproti kontrole.

Rychlost fotosyntézy révových listů biochmele dosáhla jen 59 % v roce 2012, resp. 67 % v roce 2013, oproti rychlosti fotosyntézy listů chmele v konvenčním zemědělství. V obou letech se nižší rychlost fotosyntézy projevila i nižším výnosem. Vztah mezi rychlostí fotosyntézy a obsahem α -hořkých kyselin zjištěn nebyl.

Klíčová slova: ekologické zemědělství, pěstování chmele, ochrana chmele, fotosyntéza, transpirace.

SUMMARY

Organic agriculture is modern and perspective way of farming. This way of farming is based on quality and wholesomeness of its production. Only natural and organic inputs are used in this system. The demand for organic production globally increases, including hops, and it's related to change in lifestyle. There are four hop producers organically farming at the area of 9,61 ha in the Czech Republic. Hop protection in organic farming is provided primarily by preventive interventions (clean hop gardens during vegetation, early cleaning of hop gardens after it's cropped, sowing of undersowings enhancing biodiversity, etc.), bio-preparations (chemical – extracts, biological - containing live organisms) and authorized preparations (fungicides) based on copper. Nutrition is provided primarily from organic manure or compost or slurry and green manure.

By monitoring the photosynthetic rate we can determine the phases of the day or the whole vegetation and environmental conditions under which plants are most active, most productive, or what influences their activity. By our measurement with LC pro+, we found that branch leaves show a higher rate of photosynthesis than the bine leaves. Branch leaf's photosynthetic rate in the period 2011 - 2013 ranged between 120 - 184 % compared with bine leaves. However, there wasn't found any dependance of yield on the rate of photosynthesis during the experiment. In some years, when we measured a lower photosynthetic rate was achieved higher yields than in years with higher photosynthetic activity. Yield formation is therefore a multifactorial complex, involving mainly influence of the year and weather conditions. Photosynthetic rate of bine leaves in the period of 2011 - 2013 ranged from 3.29 to 8.33 micromol CO₂.m⁻².s⁻¹. Photosynthetic rate of branch leaves ranged from 6.05 to 9.89 micromol CO₂.m⁻².s⁻¹.

Leaves affected by downy mildew (*Pseudoperonospora humuli*) show a significantly lower rate of photosynthesis than leaves affected by hop flea beetle (*Psylliodes attenuatus*) and control leaves, ie. at the level of 26 - 51 % compared to control. The difference of transpiration rate between control leaves and leaves damaged by hop flea beetle is statistically insignificant. Transpiration rate of leaves affected by downy mildew was at the level of 62 - 97 % compared to control.

Photosynthetic rate of organic hop's bine leaves reached only 59 % in 2012, respectively 67 % in 2013, compared to the photosynthetic rate of hop leaves in conventional agriculture. In both years, the rate of photosynthesis also led to lower yields. The relationship between the rate of photosynthesis and the content of α -bitter acids was not found.

Key words: organic farming, hop growing, hop protection, photosynthesis, transpiration.

OBSAH

ÚVOD.....	7
CÍL PRÁCE	8
HYPOTÉZY	8
LITERÁRNÍ REŠERŠE	9
1 Současnost chmele v ČR.....	9
2 Ekologicky pěstovaný chmel	15
2.1 Legislativa ekologického zemědělství v EU/ČR	16
2.1.1 Historie vývoje legislativních předpisů EZ	16
2.1.2 Současné předpisy pro EZ platné v ČR.....	17
2.1.3 Vybrané pasáže z nařízení č. 834/2007 o ekologické produkci	17
2.2 Výživa chmele.....	19
2.2.1 Zelené hnojení	20
2.3 Ochrana chmele.....	22
3 Fotosyntéza, transpirace a tvorba výnosu	26
3.1 Vliv teploty.....	27
3.2 Vliv vody.....	27
3.3 Vliv koncentrace oxidu uhličitého	29
3.4 Tvorba výnosu.....	29
MATERIÁL A METODY	31
VÝSLEDKY	33
4 Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révových a pazochových listů chmele.....	33
4.1 Měření 2011	33
4.2 Měření 2012	35
4.3 Měření 2013	38
5 Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace listů chmele poškozených dřepčikem chmelovým a peronosporou chmelovou	41
5.1 Měření 2011	41
5.2 Měření 2012	44
5.3 Měření 2013	47
6 Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révových listů chmele v konvenčním a ekologickém zemědělství.....	50
6.1 Měření 2012	50
6.2 Měření 2013	53
7 Porovnání rychlosti fotosyntézy s výnosy chmele a KH (%)	56
7.1 Porovnání odrůdy Agnus v letech 2011 - 2013	56
7.2 Porovnání odrůdy Premiant v EZ a KZ v letech 2012 a 2013	58
DISKUZE	60
ZÁVĚR.....	64
SEZNAM LITERATURY	65

ÚVOD

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*) je tradiční rostlinou pěstovanou na území České republiky. Tradice a kvalita, s jakou čeští pěstitelé dokázali a stále dokáží produkovat hlávky k výrobě těch nejlepších piv, byla inspirací pro několik pionýrů, kteří se v roce 2009 rozhodli pěstovat chmel v podmínkách ekologického, respektive organického zemědělství. Tito pěstitelé chtěli již tak kvalitní surovině dodat přidanou hodnotu v podobě certifikátu, kterým prokazují, že při jejím pěstování dodržovali postupy, metody ochrany a výživy rostlin, které jsou dány českou i evropskou legislativou, ale ztotožňují se i s filozofií ochrany přírody a využívání dnes již téměř zapomenutých metod.

Ekologické zemědělství ovšem není - nebo spíš nemusí být - návrat do minulosti, návrat k postupům, které naši předkové využívali před desetiletími či dokonce staletími. Je moderním způsobem hospodaření, které využívá všech dostupných (a povolených) metod, odrůd i technologií. V dnešní době lze organicky více či méně úspěšně vyprodukovat téměř jakoukoliv zemědělskou komoditu tak, aby splňovala kvalitativní a potravinářské parametry. Druhou stranou mince je však rentabilita její produkce, která ne vždy odpovídá představám z důvodu nižších výnosů.

Nabízí se ale i jiný úhel pohledu. Vyplatí se zemědělcům pěstovat například cukrovou řepu ekologicky? Po zpracování v cukrovaru se bulvy změny v téměř čistou sacharózu, která je naprosto stejná jako z řepy konvenční. Má tedy ekologické hospodaření smysl u cukrovky, potažmo u chmele? Tuto otázku si netroufám odpovědět. Každý, kdo se rozhodne přejít se svou produkcí do ekologického režimu nebo začít přímo hospodařit ekologicky, by to měl dělat z přesvědčení, z životní filozofie, z lásky k přírodě. Bez ohledu na to, že je to fyzicky i ekonomicky náročnější způsob.

Ekologické zemědělství téměř jistě zůstane jen doplňkovým způsobem hospodaření, který bude obohacovat nabídku ve vyspělých státech světa o šetrně vyprodukované zemědělské komodity, ovšem nemá parametry pro zajištění obživy všech obyvatel států se stejně vysokou koncentrací populace, jako je například v Evropě.

Každopádně díky několika málo pěstitelům biochmele a sladovnického bioječmene si i my již můžeme koupit české biopivo, které splňuje všechny legislativní normy. A otázky, zda-li má či nemá pěstování biochmele smysl, můžeme nechat na posezení nad zlatavým mokem v naší oblíbené restauraci.

CÍL PRÁCE

Cílem práce je zpracovat literární přehled o pěstování chmele v ekologickém zemědělství. V rámci pokusů sledovat vliv různého poškození na fyziologické charakteristiky listů chmele, tedy rychlosti fotosyntézy a transpirace. Porovnat uvedené charakteristiky u rostlin pěstovaných v konvenčním (KZ) a ekologickém režimu (EZ).

V rešerši shrnout současný stav chmelařství v ČR, znalosti ochrany a výživy chmele v ekologickém zemědělství a zpracovat teoretický podklad k praktické části práce. V ní se zaměřit na rychlost fotosyntézy a transpirace, které jsou základními procesy tvorby výnosu a také dva hlavní ukazatele momentálního fyziologického stavu rostliny.

V rámci pokusů sledovat varianty:

- a) měření rychlosti fotosyntézy a transpirace listů poškozených chorobami a škůdci,
- b) rozdíl v rychlosti fotosyntézy a transpirace révových a pazochoových listů,
- c) rozdíl v rychlosti fotosyntézy a transpirace u rostlin v KZ a EZ.

HYPOTÉZY

- 1) Měření rychlosti fotosyntézy lze kvantifikovat produkční schopnost rostliny.
- 2) Pokles rychlosti fotosyntézy predikuje zhoršení zdravotního stavu či nástup choroby.

LITERÁRNÍ REŠERŠE

1 Současnost chmele v ČR

Sklizňové plochy chmele otáčivého se v České republice každoročně snižují. Autoři Situační a výhledové zprávy - chmel, pivo z prosince 2013 uvádí, že byl chmel v roce 2012 pěstován na produkční ploše 4 366 ha. Průměrný výnos dosáhl hodnoty 0,99 t.ha⁻¹, tj. 24,4% pokles oproti roku 2011. Celková produkce sušeného chmele byla 4 338,1 tun. Chmel k datu 20. 8. 2012 pěstovalo v ČR 121 subjektů (Anonym, 2014a). Výběr hodnot dlouhodobého trendu ukazuje tabulka č. 1.

Tab. 1: Porovnání plochy, celkové produkce a výnosů za roky 2000 až 2012 (2013) (ÚKZÚZ).

Rok	Plocha (ha)	Produkce (t)	Průměrný výnos (t/ha)
2000	6 095	4 865	0,80
2001	6 075	6 621	1,09
2002	5 968	6 442	1,08
2003	5 942	5 527	0,93
2004	5 838	6 311	1,08
2005	5 672	7 831	1,38
2006	5 414	5 453	1,01
2007	5 389	5 631	1,04
2008	5 335	6 753	1,27
2009	5 307	6 616	1,25
2010	5 210	7 772	1,49
2011	4 632	6 088	1,31
2012	4 366	4 338	0,99
2013	4 339	?	?

pozn.: produkce a výnos za rok 2013 nejsou v době uzavření známy

Chmel se v České republice pěstuje ve třech oblastech; Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Ke 30. 4. 2013 klesl stav sklizňové plochy chmelnic pouze o 27 ha (0,62 %) oproti roku 2012, tj. na 4 339 ha. 3 386 ha chmelnic se nachází ve chmelařské oblasti Žatecko, 458 ha v oblasti Ústěcko a 495 ha v tršické chmelařské oblasti. Nové porosty byly založeny na ploše 196 ha, z nichž nejvíce zaujímá ŽPČ se 180 ha (Barborka, 2013). Nejrozšířenější odrůdou je a do budoucna i zůstane Žatecký poloraný červeňák s plochou 3 804 ha (87,67 % plochy). Tato odrůda se pěstuje v několika klonech; Osvaldův klon 31, 72 a 114, dále Šířem, Zlatan, Podlešák, Blšanka a další (Anonym, 2011a; Anonym, 2014a). Odrůdovou

skladbu v ČR k datu 30. 4. 2013 znázorňuje tabulka č. 2.

V roce 2012 vyprodukovali čeští chmelaři 4 338,08 tun sušeného chmele. Produkce tak klesla o 1 749,8 tun (28,7 %) oproti roku 2011. Sklizeň a výnos vybraných odrůd chmele v žatecké chmelařské oblasti za rok 2012 znázorňuje tabulka č. 3.

Tab. 2: Odrůdová skladba chmele v ČR (ha) (Barborka, 2013).

Odrůda	Plocha (ha)
ŽPČ	3 804
Sládek	234
Premiant	202
Agnus	51
Saaz Late	9
Saaz Special	6
Bor	5
Harmonie	5
Kazbek	3
Bohemie	2
Vital	2
Ostatní	16

Tab. 3: Sklizeň a výnos vybraných odrůd na Žatecku za rok 2012 (ÚKZÚZ).

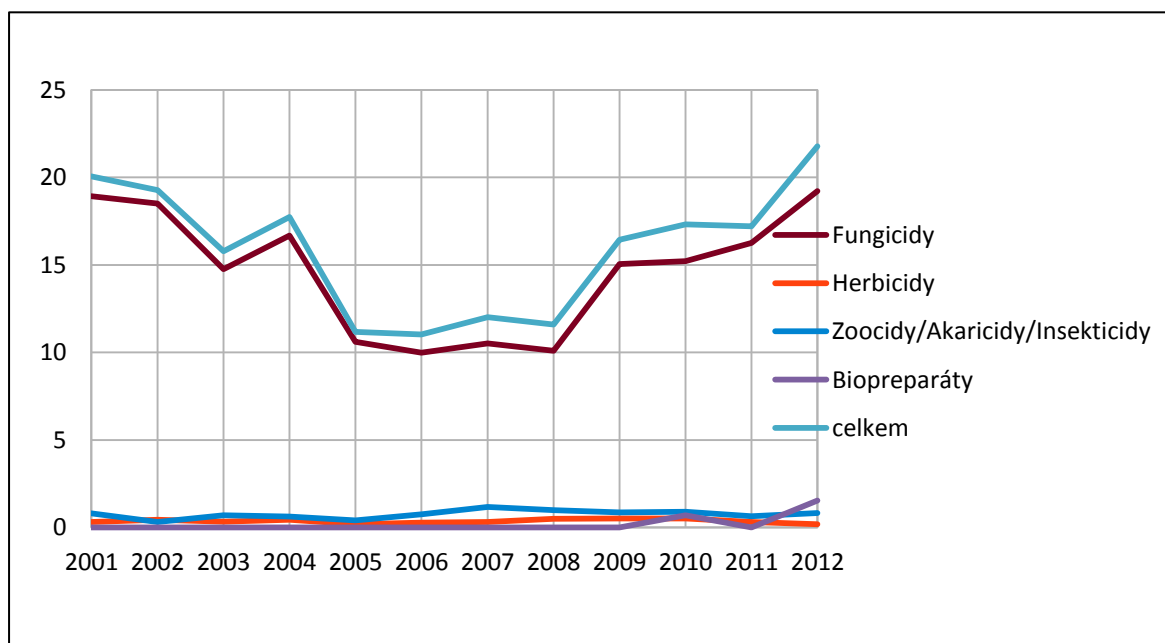
Odrůda	Plocha (ha)	Sklizeň (t)	Výnos (t/ha)
ŽPČ	3 018	2 742,4	1,43
Sládek	163	259,9	1,78
Premiant	138	192,6	1,88
Agnus	50	53,6	2,13
Saaz Late	7	6,3	0,89
Bor	3	0,0	1,01
Saaz Special	2	4,0	1,72
Vital	2	3,8	1,07
Ostatní	17	17,3	
Celkem	3 400	3 262,7	

Obsah α -hořkých kyselin v odrůdě ŽPČ zjišťovaný Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským, a.s., dosáhl v průměru 4,12 %. To je nadprůměrná hodnota vzhledem k obsahům od roku 2000. Dle údajů Chmelařského institutu, s.r.o., dosáhl ŽPČ hodnoty 3,8 % obsahu α -hořkých kyselin v testovaných vzorcích. Z dlouhodobého hlediska se jedná o průměrnou hodnotu. Rozdíly hodnot zjištěné Chmelařským institutem a VÚPS jsou dány různými lokalitami použitými pro odběr vzorků a pravděpodobně i termínem odběru. Výnos nejpěstovanější odrůdy dosáhl v celé ČR průměru 0,92 t.ha⁻¹ (Anonym, 2014a). Obsah α -hořkých kyselin je každoročně velmi variabilní. To lze přičíst rozdílu v klimatických podmínkách, které se každým rokem mění. Obsahy α -hořkých kyselin od roku 2000 do roku 2012 v žateckém poloraném červeňáku jsou uvedeny v tabulce č. 4 (Mikyška, Jurková, 2013).

Tab. 4: Obsah α -hořkých kyselin (v % hm.) v odrůdě ŽPČ v letech 2000 až 2012 (VÚPS).

Rok	Žatecká oblast	Úštěcká oblast	Tršická oblast
2000	4,0	4,2	4,1
2001	4,1	4,2	3,8
2002	3,2	3,3	2,3
2003	3,2	3,2	3,3
2004	3,9	3,5	4,5
2005	3,6	3,7	3,7
2006	2,3	2,2	2,4
2007	2,9	3,1	2,5
2008	3,8	3,8	3,3
2009	4,1	3,7	3,6
2010	3,1	3,1	2,5
2011	4,3	4,1	4,1
2012	4,2	4,0	3,8
průměr	3,7	3,5	3,4

Spotřeba pesticidů v ochraně chmele od roku 2001 do roku 2012 prošla značným výkyvem. Dle Státní rostlinolékařské správy (SRS) byla celková spotřeba účinných látek na hektar v roce 2001 více než dvacet litrů (kilogramů). V roce 2008 už činila pouze necelých dvanáct litrů (kilogramů) na hektar. Od roku 2009 však spotřeba fungicidů opět výrazně vzrostla až na 19,22 kg (l) účinných látek na hektar. Jak znázorňuje graf č. 1 a tabulka č. 5, výkyv celkové spotřeby je ovlivněn výkyvem spotřeby fungicidů.



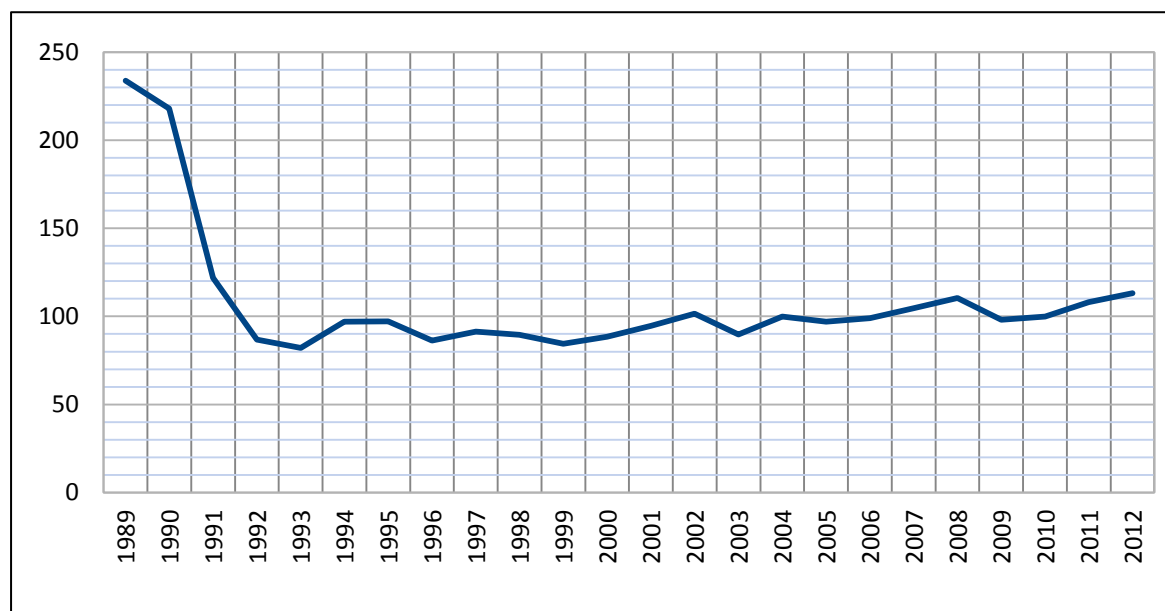
Graf 1: Spotřeba pesticidů při ochraně chmele v letech 2001 až 2012 (hodnoty v kilogramech nebo litrech účinné látky na hektar) (SRS).

Spotřeba herbicidů a zoocidů se výrazně nemění a pohybuje se v hodnotách do jednoho kilogramu na hektar. Faktem je, že se v ochraně chmele začínají aplikovat i biopreparáty. Jejich první použití, byť v minimálních dávkách, bylo zaznamenáno v roce 2010, což koreluje s registrací prvních pěstitelů do přechodného období v roce 2009 (Anonym, 2014i).

Následující graf č. 2 a tabulka č. 6 znázorňují spotřebu průmyslových hnojiv v kilogramech čistých živin na hektar zemědělské půdy. Od roku 1989 se spotřeba snížila na méně než polovinu, tj. na hodnoty okolo 100 kg čistých živin na hektar. Tento údaj je ale zčásti zkreslen tím, že od roku 1993 nejsou do statistik započítávány spotřeby samostatně hospodařících rolníků. Spotřeba živin od roku 2009 mírně stoupá (Anonym, 2013a).

Tab. 6: Spotřeba průmyslových hnojiv v kg čistých živin na ha zemědělské půdy (ČSÚ).

1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
233,7	217,9	121,8	86,9	82	96,9	97,2	86,3	91,3	89,5	84,4	88,4
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
94,7	101,6	89,7	99,8	97	98,9	104,6	110,5	98	99,8	108,1	113,2



Graf 2: Spotřeba průmyslových hnojiv v kg čistých živin na ha zemědělské půdy (ČSÚ).

Z údajů uvedených v tabulkách lze říci, že stav sklizňových ploch chmele od roku 2000 každoročně klesá. Pokles v posledních dvou letech však nebyl nijak významný,

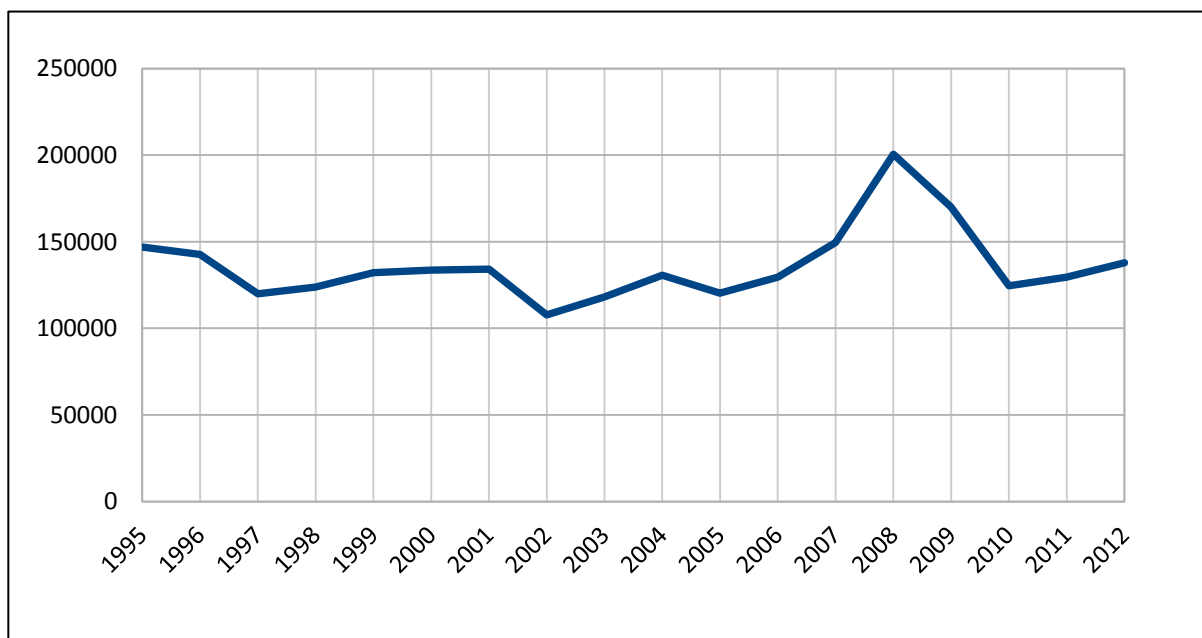
celkem od roku 2011 ubylo jen 6,33 % sklizňových ploch, výměra tedy klesla o 293 ha. Snížení plochy chmelnic však není jen záležitostí České republiky, je to celosvětový trend. V roce 2012 klesla meziročně sklizňová plocha chmele o 1 577 ha. Rok 2012 byl tedy rokem s nejnižší produkční plochou a sklizní. Čtyři největší světoví pěstitelé (Německo, USA, ČR, Čína) tak dohromady vyprodukovali o 9 113 t chmele méně, než v roce 2011. Evropské pěstitelé (především Německo a ČR) v zimě 2011/2012 utrpěli silnými mrazy, které zdecimovaly značnou část porostů. Pokles v posledních letech ale není tak drastický jako například mezi lety 1996 a 1997, kdy výměra meziročně klesla o 1 889 hektarů.

Průměrná spotřeba piva v ČR na jednoho obyvatele od roku 2005 neustále klesá. Mezi roky 2000 až 2008 oscilovala okolo hodnoty 159 litrů na obyvatele za rok. Od roku 2005, kdy dosáhla 163,5 l na osobu, klesla až na 142,5 l v roce 2011. Pravděpodobně je to způsobeno vyšší spotřební daní na pivo. I tak ale Čechům patří první místo ve spotřebě piva na světě. Odhadem ČSÚ na rok 2012 byla spotřeba 141,0 l. (Anonym, 2013b).

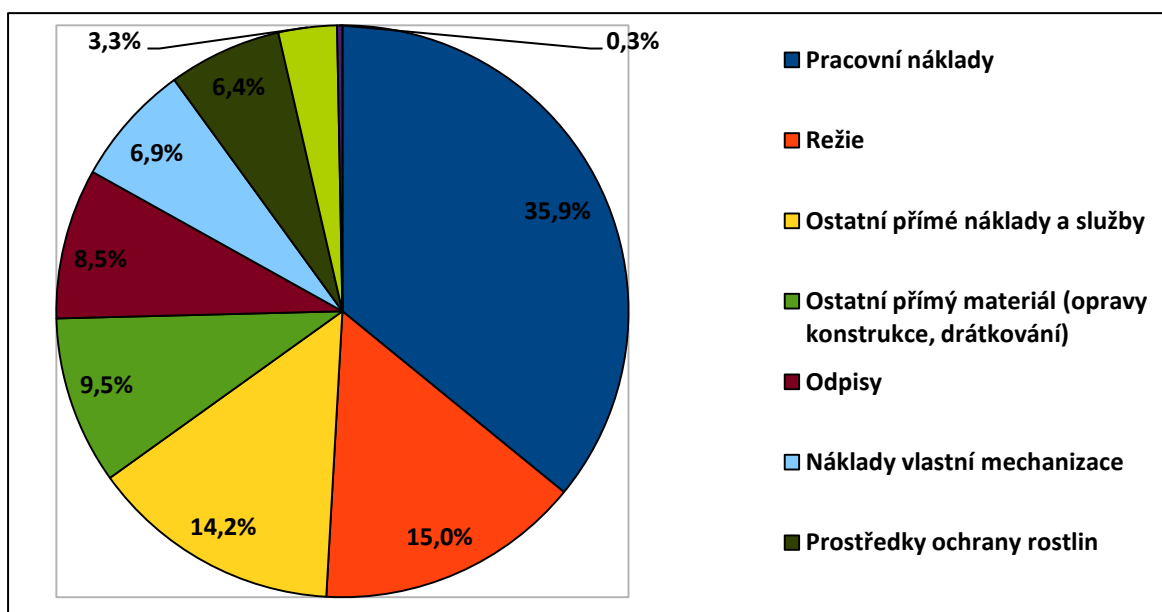
Ekonomika pěstování chmele závisí především na aktuální situaci celosvětového trhu. V letech, kdy je dosaženo nižší produkce, je výkupní cena příznivější. Díky tomu nemusí pěstitelé rovnou zoufat, pokud se počasí nevyvíjí přesně podle fyziologických potřeb rostlin. Nižší výnosy nemusí nutně znamenat ztrátu, naopak mohou být jistotou prodeje veškeré roční produkce za lepší cenu. Jelikož jsou ale náklady na jednotku produkce v posledních letech poměrně stálé a difference v bilanci pěstování chmele tvoří výkupní cena, s větší pravděpodobností tak bude nižší výnos znamenat ztrátu, neboť vyšší cena v případě celosvětové nižší produkce není dostatečně vysoká na to, aby pokryla ztráty výnosu. Průměrná cena sušeného chmele v roce 2012 činila 137 811 Kč.t⁻¹. To znamená nárůst 6,36 % z ceny ve srovnatelném období roku 2011. Cenová úroveň do roku 2010 klesala v důsledku vysoké nabídky způsobené vysokou celosvětovou produkcí v předchozích letech a nižší produkce piva vlivem ekonomické krize (Anonym, 2011a). Od roku 2010 cena mírně stoupá díky celosvětově významnému poklesu produkce chmele. Vývoj cen chmele znázorňuje graf č. 3.

Ekonomikou pěstování chmele se zabývá Ústav zemědělské ekonomiky a informací (ÚZEI). Ten v letech 1995 – 2009 pracoval s 250 – 290 respondenty a zpracoval tak ukazatele rentability pěstování chmele (Anonym, 2011a). Zpracované hodnoty jsou vyjádřeny v grafu č. 4 (Anonym, 2011b). Náklady na hektar chmelnic v roce 2012 dosáhly 242 077 Kč. Na tunu sušeného chmele pak 242 246 Kč. Náklady na hektar byly sice oproti roku 2011 o 40 Kč nižší, vlivem poklesu výnosu o 0,37 t.ha⁻¹ ale náklady na produkci tuny

chmele vzrostly o 66 829 Kč, tedy o 37 %. Nižší výnosy tak silně ovlivnily ekonomiku pěstování v roce 2012 (Anonym, 2014a). Ceny za biochmel jsou dvakrát až třikrát vyšší ve srovnání s konvenčním chmelem (Ježek a kol., 2012). Ekologické zemědělství je však komplexnější a vyžaduje aplikaci mnohem více preventivních opatření. I přes jejich dodržení je jeho nevýhodou nejistota produkce, neboť s povoleným množstvím a druhy přípravků ochrany rostlin nelze garantovat každoroční úspěšnou sklizeň.



Graf č. 3: Vývoj ceny chmele v Kč.t⁻¹ (ČSÚ). *průměr za měsíce září – prosinec.



Graf. č. 4: Struktura nákladů na pěstování chmele (ÚZEI).

2 Ekologicky pěstovaný chmel

Ekologické pěstování chmele se do povědomí českých chmelařů dostalo teprve nedávno. První experimenty provedli v letech 1983 – 1985 pracovníci Chmelařského institutu a Entomologického ústavu ČSAV, když vypěstovali chmel bez použití pesticidů na ploše 0,9 ha. Regulaci mšice chmelové (*Phorodon humuli*) prováděli pomocí migrujících afidofágních slunéček, především slunéčka sedmítečného (*Coccinella septempunctata*) ze sousedních biotopů. Bohužel o biochmel nebyl v této době zájem a experimenty se tak nepřenese do komerční praxe (Ježek a kol., 2012).

Prvních komerčních experimentů se v roce 2009 zúčastnily tři subjekty, které přešly s částí své produkce do přechodného období. Tyto subjekty hospodaří/ly na odrůdě ŽPČ. Jedná se o společnost JVR, spol. s r. o., která hospodaří ve chmelařské oblasti Tršicko. Do přechodného období vstoupila s plochou produkčních chmelnic o rozloze 4,89 ha. Dále se do EZ přihlásilo ZD Podlesí Ročov s 1,69 ha a Václav David z Jimlína, který ekologicky hospodařil na výměře 1,76 ha. Pan David ale již není veden jako ekologický zemědělec a pravděpodobně tak od bioprodukce opustil. Dalšími ekologickými pěstiteli chmele mimo JVR, s.r.o., a ZD Podlesí Ročov, jsou v současné době dva subjekty ze žatecké oblasti. Jedná se o Chmelařský institut Žatec, s.r.o., se chmelnicí Účelového hospodářství Stekník o rozloze 2,2 ha (produkční plocha pouze 1,29 ha) a odrůdou Premiant (od roku 2011). Třetím pěstitelem ze žatecké oblasti je Libuše Mrázová z Loun hospodařící na 1,74 ha ekologické plochy. Ta je nyní v přechodném období, neboť do režimu EZ přešla až v roce 2012. Přechodné období mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím trvá u trvalých kultur, tedy sadů, vinic a chmelnic, tři roky, poté budou pěstitelé registrováni jako ekologičtí producenti chmele s certifikovanou produkcí (Anonym, 2014a; Ježek a kol., 2012; Nařízení 834/2007).

K 20. 5. 2013 tak dosáhla plocha ekologicky obhospodařovaných chmelnic 9,61 ha zastoupená čtyřmi subjekty (Anonym, 2014a).

Ačkoli neexistují oficiální statistiky, autoři Situační a výhledové zprávy chmel, pivo z července 2012 uvádí, že největšími pěstiteli biochmele v Evropě v roce 2011 byli Německo (80 ha), následované Francií, Velkou Británií a Belgií (19, 17, resp. 14 ha). ČR je tak v současnosti na pátém místě s téměř deseti hektary. Největším producentem v Americe jsou Spojené státy, které pěstovaly certifikovaný biochmel na ploše 51 hektarů a 96 hektarů v přechodném období.

2.1 Legislativa ekologického zemědělství v EU/ČR

V ČR platí několik předpisů upravujících ekologické zemědělství. V této pasáži se pokusím shrnout základní body legislativy, které ve stručnosti charakterizují základní principy a normy ekologického zemědělství.

2.1.1 Historie vývoje legislativních předpisů EZ

Pravidla ekologického zemědělství v Evropské unii jsou již od roku 1991 dána nařízeními Rady Evropské komise. V tomto roce Rada Evropských společenství vydala Nařízení číslo 2092/91/EHS o ekologické výrobě zemědělských produktů a o označování produktů a potravin z ekologického zemědělství. Tímto krokem skončilo období, kdy si členské státy Unie upravovaly legislativu ekologického zemědělství samy. Průběžně docházelo k doplňování a úpravám tohoto nařízení. Byla přidána pravidla pro živočišnou produkci, dovozy, produkci osiv a sadby, kontrolu ekologického zemědělství a další (Šarapatka, Urban a kol., 2006).

„Od roku 2000 začal sílit tlak na to, že ekologické zemědělství, pokud má dosáhnout svého potenciálu, potřebuje více než jen nařízení č. 2092/91 a náhodnou podporu prostřednictvím finančních rezerv v programech rozvoje venkova. Několik zemí poté představilo ekologické akční plány. To vedlo k revizi ekologického nařízení č. 2092/91“.

V prosinci 2005 Komise navrhla nové nařízení ve dvou rozdílných legislativních částech:

- a) nařízení Rady ES č. 834/2007 (schválené v červenci 2007),
- b) prováděcí pravidla – nařízení Komise ES č. 889/2008 (přijaté v červenci 2008), kterým byla stanovena podrobná pravidla pro ekologické podnikatele (Mikkelsen, Schlüter, 2009).

Legislativní předpisy upravující ekologické zemědělství v ČR vznikly relativně nedávno. První zákon pojednávající explicitně o ekologickém zemědělství byl zákon č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství. Ten upravoval v návaznosti na předpis Evropského společenství č. 2092/91 podmínky hospodaření v ekologickém zemědělství a k němu se vztahující osvědčování a označování bioproduktů, a výkon kontroly a dozoru

nad dodržováním povinností v ekologickém zemědělství. Od 30. 12. 2005 začal v ČR platit zákon č. 553/2005 Sb., kterým byl změněn zákon č. 242/2000 Sb. a to tak, že byla vypuštěna všechna ustanovení shodná s nařízením Rady ES č. 2092/91. Došlo tím ke zjednodušení pravidel ekologického zemědělství v ČR (Šarapatka, Urban a kol., 2006).

V současné době jsou v zákoně č. 242/2000 Sb. zakotveny správní delikty, které jsou v rozporu s ekologickým zemědělstvím, a jejich sankce. V roce 2011 byl zákon č. 242/2000 novelizován a poslední změny jsou uvedeny v zákoně č. 344/2011 Sb., kterým se mění zákon č. 242/2000 Sb., o ekologické produkci (Ježek a kol., 2012).

2.1.2 Současné předpisy pro EZ platné v ČR

Po vstupu do Evropské unie převzala Česká republika legislativní předpisy platné v Evropském společenství a zákon č. 242/2000 Sb. byl novelizován do podoby zmiňované výše.

V České republice tedy v současnosti upravují ekologické zemědělství především tyto předpisy:

- a) zákon č. 344/2011 Sb., kterým se mění zákon č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství,
- b) Nařízení Rady ES č. 834/2007, upravující ekologickou produkci a označování ekologických produktů a rušící Nařízení č. 2092/91,
- c) Nařízení Komise ES č. 889/2008 stanovující prováděcí předpisy k Nařízení č. 834/2007.

2.1.3 Vybrané pasáže z nařízení č. 834/2007 o ekologické produkci

„Ekologická produkce je celkový systém řízení zemědělského podniku a produkce potravin, který spojuje osvědčené environmentální postupy, vysokou úroveň biologické rozmanitosti, ochranu přírodních zdrojů, uplatňování přísných norem pro dobré životní podmínky zvířat a způsob produkce v souladu s požadavky určitých spotřebitelů, kteří upřednostňují produkty získané za použití přírodních látek a procesů“.

„Ekologické zemědělství by se mělo v první řadě spoléhat na obnovitelné zdroje

z místně organizovaných zemědělských systémů. V zájmu co nejmenšího využívání neobnovitelných zdrojů by měly být odpady a vedlejší produkty rostlinného a živočišného původu recyklovány za účelem navrácení živin do půdy“.

„Ekologická rostlinná produkce by měla přispívat k zachování a zvýšení úrodnosti půdy a k předcházení půdní erozi. Rostlinám by měly být poskytovány živiny přednostně prostřednictvím půdního ekosystému, a nikoli prostřednictvím rozpustných hnojiv přidávaných do půdy“.

„Základními prvky systému řízení ekologické rostlinné produkce jsou péče o úrodnost půdy, volba druhů a odrůd, víceletý program střídání plodin, recyklace organických materiálů a pěstitelské postupy. Doplňková hnojiva, pomocné půdní látky a přípravky na ochranu rostlin by se měly používat jen tehdy, pokud jsou slučitelné s cíli a zásadami ekologické produkce“.

„Ekologická rostlinná produkce využívá způsoby obdělávání a pěstitelské postupy, které zachovávají nebo zvyšují obsah organických látek v půdě, zvyšují stabilitu půdy a její biologickou rozmanitost a předcházejí zhutnění a erozi půdy. Úrodnost a biologická aktivita půdy se udržuje a zvyšuje víceletým střídáním plodin, včetně luštěnin a jiných plodin využívaných jako zelené hnojivo a používáním chlévské mrvy či organických materiálů, pokud možno kompostovaných, z ekologického zemědělství. Je povoleno používání biodynamických přípravků. Nepoužívají se minerální dusíkatá hnojiva. Veškeré používané způsoby rostlinné produkce brání přispívání ke znečištění životního prostředí nebo jej snižují na minimum. Prevence škod způsobených škůdci, chorobami a plevely je založena především na ochraně přirozenými nepřáteli, volbě druhů a odrůd, na střídání plodin, pěstitelských postupech a termálních procesech“ (Nařízení 834/2007).

2.2 Výživa chmele

Chmel, jakožto rostlina závislá především na příjmu živin z půdy, potřebuje k vyvážené výživě vyrovnaný poměr živin v půdním roztoku (Rybáček, 1980). Jelikož je v ekologickém zemědělství zakázáno používat jakákoli průmyslová hnojiva, jsou pěstitelé odkázáni výhradně na hnojiva organického původu. Hlavním a nejčastějším organickým zdrojem živin je chlévský hnůj (Ježek a kol., 2012; Šarapatka, Urban a kol., 2006). Kvalitní chlévský hnůj má obsahovat 0,5 % dusíku, 0,09 % fosforu, 0,5 % draslíku, 0,3 % vápníku a 21 % organické hmoty (Bureš, Srp a kol., 1980). Zároveň obsahuje celou řadu mikroelementů, jejichž obsah je závislý na původu hnoje (Rybáček a kol., 1980).

Šnobl (1989) udává průměrnou spotřebu živin na jednu tunu sušených hlávek následovně: 100 kg dusíku, 37 kg fosforu, 68 kg draslíku a 39 kg hořčíku. Rybáček a kol. (1980) uvádí, že v produkci 1,5 t sušených hlávek a 3,85 t sušiny chmeliny bylo obsaženo 113 kg dusíku, 20 kg fosforu, 124 kg draslíku, 140 kg vápníku a 16 kg hořčíku. Zjistili také vysoký obsah mikroelementů (0,21 kg bóru, 0,25 kg manganu, 2,41 kg mědi, 0,24 kg zinku, 0,043 kg molybdenu).

Pokud bychom stanovili dávku živin potřebnou na výnos 1,3 tuny chmele na 110 kg N, 30 kg P, 90 kg K a 30 kg Mg a pokud by měla být výživa chmele zajištěna pouze organickým hnojivem aplikovaným jednou za tři roky (chlévkým hnojem) obsahujícím průměrný obsah živin, musela by tato dávka dosahovat úrovně 100 tun, aby pokryla potřebu všech makroprvků.

Chmel je také rostlina vyžadující poměrně značné množství mikroprvků, především pak zinku (Vaněk a kol., 2007).

I pro ekologické zemědělce jsou však dostupná minerální hnojiva obsahující zinek, např. Zintrac, Zin, Zinkosol, Zinran a další.

Komplikací pro pěstitele biochmele je fakt, že všechna hnojiva využívaná v ekologickém zemědělství musí být vyprodukována ekologicky nebo musí být pro ekologické zemědělství povolena (Nařízení 834/2007). V českých podmínkách to může být problém, neboť pěstitelé chmele většinou nemají živočišnou produkci, navíc v režimu EZ, a musí proto vyhovující organická hnojiva shánět u ekofarmářů v okolí, kterých například na Žatecku není mnoho. Je proto potřeba hnojiva dovážet ze vzdálenějších oblastí, což odporuje filozofii ekologického zemědělství.

Dalšími používanými zdroji živin jsou komposty, močůvka a zelené hnojení (Bureš, Srp a kol., 1980).

Zelenému hnojení věnuji samostatnou kapitolu (2.2.2). V dnešní době nemá význam pouze jeho biomasa, jakožto akumulátor živin zabraňující jejich vyplavení, ale v nedávné době proběhly pokusy s využitím podsevů, které chrání půdu v meziřadích (především na svažitých pozemcích) před vodní erozí, poskytují útočiště širokému množství (nejen) hmyzích druhů a zároveň plní i funkci zeleného hnojení. Tyto pokusy, probíhající na Účelovém hospodářství Stekník a v lokalitě Kozojedy, provedl Chmelařský institut v Žatci.

2.2.1 Zelené hnojení

V této kapitole shrnu výsledky z pokusů, které provedl Chmelařský institut v Žatci a kterých jsem se během své praxe v bakalářském studiu zúčastnil.

Zelené hnojení je jedním z intenzifikačních faktorů výroby chmele. Zelené hnojení však nepřispívá pouze tvorbou biomasy, která je následně zapravena do půdy a využita jako zdroj živin, které do sebe napoutala a ochránila je tak před vyplavením. Zelené hnojení zároveň stimuluje půdní mikroorganismy, zlepšuje vodní režim na stanovišti a celkově zlepšuje půdní vlastnosti (Vach a kol., 2005).

Podle Rybáčka a kol. (1980) je zelené hnojení ve chmelnicích specifické. Porosty zeleného hnojení v takovéto trvalé kultuře musí snášet kultivaci v meziřadích, zastínění porostem chmele a následný světelný šok po jeho sklizni. V minulosti se jako vhodné zelené hnojení do těchto podmínek osvědčily porosty hořčice bílé (*Sinapis alba* L.), svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), hráchu setého rolního (*Pisum sativum* ssp. *arvense*) a ovsa setého (*Avena sativa*).

Standardní doba výsevu plodin na zelené hnojení je závislá na průběhu počasí a ukončení kultivačních prací. Většinou je poslední kultivační zásah zároveň předseťovou přípravou a probíhá v průběhu měsíce srpna. Výsev se provádí po sklizni chmele a vyprodukovaná biomasa se zaorává před příchodem prvních mrazů chmelničním pluhem (Pokorný, 2012).

Pokusy byly prováděny v sedmi variantách. Pěstované plodiny, jejich výsevky a termíny výsevu znázorňuje tabulka číslo 8.

Tab. č. 8: Varianty zeleného hnojení ve chmelnicích v roce 2011 (Pokorný, 2012).

Varianta	Plodiny	Výsevek (kg/ha)	Termín výsevu
1	Travní porost	30	26. 5. - 27. 5.
2	Mastňák habešský „mungo“	12	29. 6.
3	Svatojánské žito	110	27. 5.
4	Směs pro opylovače „Mája“	10	27. 5.
5	Sléz krmný	20	26. 5. - 27. 5.
6	Oves setý x víkev setá	80 x 40	26. 5.
7	Jílek vytrvalý x jetel nachový	30	26. 5.

K setí byl použit pneumatický secí stroj s rotačními bránami a vějířovým válcem. Doba výsevu byla 26. 5. 2011 v lokalitě Kozojedy a 27. 5. 2011 v lokalitě Stekník. Po sklizni (18. 9. 2011) byly porosty zmulčovány. V Kozojedech byla biomasa 22. 11. 2011 orbou zapravena do půdy. Ve Stekníku byla provedena odorávka řadů disky s následným hloubkovým kypřením.

Výsledky byly zpracovány Zemědělskou oblastní laboratoří Malý a spol., s.r.o., Postoloprty. Nejvyšších výnosů biomasy dosáhla směs pro opylovače „Mája“, která obsahuje hořčici bílou (*Sinapis alba* L.), pohanku setou (*Fagopyrum esculentum* Moench.), komonici bílou (*Melilotus alba* Med.), řepku jarní (*Brassica napus* L. var. *napus*) a svazenku vratičolistou (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Obsahuje také nejvyšší procento dusíku. Velmi dobře dopadl i mastňák habešský (*Guizotia abyssinica* Cass.) a krmný sléz (*Malva verticillata* L.). Výsledky analýz znázorňuje tabulka číslo 9.

Tab. č. 9: Výsledky analýzy nadzemní biomasy vybraných plodin (Pokorný, 2012).

Lokalita Stekník										
Plodina	Čerstvá hmota (t/ha)	Sušina (t/ha)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)	S (%)
Travní porost	17	3,4	3,27	0,44	2,59	1,09	0,39	86,5	17,7	0,29
Mastňák habešský	30	3,9	3,49	0,71	5,97	2,29	0,37	106,9	34,1	0,59
Svatojánské žito	19,2	4,0	2,02	0,39	2,49	0,51	0,10	52,8	5,1	0,21
Směs pro opylovače „Mája“	35,6	6,4	3,72	0,44	3,57	2,71	0,32	76,5	23,9	0,92
Sléz krmný	31,4	3,1	3,08	0,47	5,34	2,48	0,27	64,1	26,1	0,71
Lokalita Kozojedy										
Plodina	Čerstvá hmota (t/ha)	Sušina (t/ha)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)	S (%)
Travní porost	20,4	4,0	3,0	0,55	4,73	1,30	0,28	60,45	18,90	0,32
Jílek vytrvalý x jetel nachový	24,5	4,4	2,99	0,63	4,68	0,94	0,27	72,90	9,10	0,33
Sléz krmný	21,3	2,1	3,28	0,68	6,23	3,17	0,20	67,70	16,90	0,72
Oves setý x víkev setá	13,9	2,9	2,94	0,56	3,51	0,86	0,20	57,50	11,40	0,30

Ze sledovaných plodin se osvědčila především směs pro opylovače „Mája“, mastňák habešský a krmný sléz. Celkové náklady na zelené hnojení se pohybují mezi

1 800 – 3 900 Kč.ha⁻¹ (Pokorný, 2012).

Ježek a kol. (2012) zároveň uvádí, že je velmi vhodné na zelené hnojení využívat svazenku vratičolistou (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), jakožto atraktant pro zvýšení populační hustoty přirozených nepřátel mšice chmelové. V tomto ohledu se jako výhodné řešení jeví vysévání směsi pro opylovače „Mája“, jelikož poskytuje teoreticky nejvyšší zajištění živočišné biodiverzity v porostu chmele.

2.3 Ochrana chmele

Péče o zdraví rostlin je v ekologickém zemědělství založena na preventivních opatřeních, jako je výběr vhodných odrůd odolných vůči škůdcům a chorobám, mechanické a fyzikální způsoby a ochrana přirozených nepřátel škůdců (Nařízení 834/2007).

Hospodářsky nejvýznamnějšími škodlivými organismy chmele jsou peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*), mšice chmelová (*Phorodon humuli* Schrank.) a sviluška chmelová (*Tetranychus urticae* Koch.). Tyto organismy je nutné udržet pod ekonomickým prahem škodlivosti (Ježek a kol., 2012).

Peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*), česky též vřetenatka chmelová, je patogen z čeledi Peronosporaceae patřící mezi oomycety. Je podobná houbám, má i podobné nároky na vlhkost. Největší škody způsobuje právě ve vlhkých letech, kdy má optimální podmínky pro masivnější rozšíření v porostu. Přežívá v pupenech a mladém dřevě a napadá chmel v průběhu celé vegetace. Rostliny jsou infikovány již při rašení výhonů. Dochází ke zkrácení internodií, výhony jsou poté zakrnělé, jejich vegetační vrchol a listy jsou zdeformovány a nahloučeny na sebe. Tvoří tzv. klasovitý výhon. Na spodní straně napadených listů narůstá povlak šedavého až šedofialového mycelia a reprodukčních orgánů patogena. Klasovité výhony infikované zimními výtrusy jsou hlavním zdrojem sekundární infekce. Na starších listech chmele se vytvářejí zelenožluté, později žluté až hnědé nepravidelné skvrny. Napadené pletivo zasychá. Napadení listů významně snižuje jejich fotosyntetickou aktivitu a tudíž, negativně ovlivňuje produkční schopnost rostliny. Při udržení napadení pod ekonomickým prahem škodlivosti není ale takové napadení limitující, pokud má rostlina dostatek zdravých a fotosynteticky aktivních listů. Při napadení pazochů dochází k jejich klasovatení.

Největší škody způsobuje peronospora při napadení květů a hlávek. Květy po infekci hnědnou a opadávají. K významnému poškození hlávek dochází zejména ve fázi od začátku tvorby hlávek do plné zralosti hlávek. Infekce se zde projevuje zhnědnutím listenů v pásech, nebo drobnými hnědými skvrnami. Při silném napadení hnědnou celé hlávky. Napadené hlávky se špatně uzavírají a dochází k velkým ztrátám a snížení kvality produkce (Nesvadba, 2013; Anonym, 2014c).

Mšice chmelová (*Phorodon humuli*) je hmyz z čeledi mšicovitě (Aphididae). Od poloviny května a v červnu mšice přelétá ze zimních hostitelů (slivoně) na chmel. Zde vytváří 5 - 8 bezkřídlých generací, které škodí sáním na nadzemních částech rostlin. Poškozené listy při pohledu zdola prosvítají, později se při silném výskytu mšic kroutí pěstovitě okraji dovnitř. Růst rostlin se zpomalí, při větším poškození úplně zastaví. Na svrchní straně listů se objevuje medovice, na které narůstají saprofytické houby. Při napadení hlávek dochází k jejich špatnému vývoji. Hlávky jsou zakrnělé, lepkavé a také na nich dochází podobně jako na listech k vývoji saprofytických hub, které snižují aktivitu listů. Dále mohou mšice škodit jako vektory virových onemocnění chmele. Významnými přirozenými nepřáteli jsou slunéčka a jejich larvy, stejně jako larvy pestřenek (Nesvadba, 2013; Anonym, 2014f).

Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*) je drobný, asi 0,5 mm velký, široce polyfágní roztoč, který vytváří 6 – 8 generací ročně. Barva těla se může měnit v závislosti na roční době a vývojovém stadiu od bezbarvé, přes světle žlutou se dvěma tmavými skvrnkami na bocích těla po šedozelenou. Na podzim se zbarvují oranžově až cihlově červeně. Všechna pohyblivá stadia škodí sáním na nadzemních částech rostlin. Na spodních révových listech se zpočátku objevují skvrny vysátého pletiva, pozvolna přecházející v normální zeleň. Shora je čepel listů v místě skvrny mírně vydutá, tvoří tzv. „sviluškové puchýře“. Při teplém a suchém počasí se skvrny na listech rychle zvětšují a postupně navzájem splývají. List zpočátku žloutne, později nabývá papírově šedého zabarvení. Silně vysáté listy zasychají a předčasně opadávají. Na spodní straně listů je patrná jemná pavučinka. Při silném výskytu přecházejí svilušky i na hlávky. Časně napadené hlávky se nevyvíjejí, zůstávají malé, zbarvují se červenohnědě a zasychají. Později se napadené odrostlejší hlávky zbarvují cihlově červeně (Nesvadba, 2013; Anonym, 2014e).

Ochrana chmele v ekologickém zemědělství je ztížena tím, že nesmí být použity žádné průmyslové pesticidy. Pro ochranu chmele jsou v legislativou daném množství

určeny především fungicidy na bázi mědi – Kuprikol, Cuproxat, Cuprocaffaro, Cuprocaffaro micro, Curenox, Champion, Flowbrix, Kocide, Funguran – OH, dále přípravky na bázi síry – Kumulus (vše v množstvích stanovených nařízením Komise (ES) č. 889/2008) a biopreparát Polyversum (Anonym, 2014b). Polyversum je mikrobiologický fungicidní preparát proti chorobám napadajícím především kořeny, kořenové krčky a paty stébel. Aktivní složkou Polyversa je *Pythium oligandrum* - oospóry, které je silným mykoparazitem a parazituje více než dvacet rodů původců houbových chorob (Anonym, 2014h). Polyversum indukuje obranné reakce rostlin. Jelikož je *P. oligandrum* půdním organismem, je jeho aplikace doporučována již v časném jarním období, při výšce chmelových rostlin 10 – 15 centimetrů. V pozdějším období vegetace je možné použít přípravek Alginure, který obsahuje výtažky z mořských řas a rostlinné aminokyseliny.

Pro zvýšení odolnosti a obranyschopnosti rostlin proti svlušce chmelové (*Tetranychus urticae* Koch.) a mšici chmelové (*Phorodon humuli* Schrank.) lze použít bio-zoocid Rock Effect (Anonym, 2014b; Ježek a kol., 2012). Tento přípravek obsahuje olej z *Pongamia pinnata*, jehož semena obsahují 28–34 % oleje, který kromě mastných kyselin obsahuje i 5 – 6 % flavonoidů, z nichž nejvíce patří do skupiny furano-flavonoidů. Všechny furanoflavonoidy obsažené v oleji mají významné insekticidní, fungicidní a baktericidní účinky (Pavela, 2010).

Seznam všech povolených přípravků na ochranu rostlin a seznam hnojiv použitelných v ekologickém zemědělství je uveden v nařízení Komise ES č. 889/2008.

Ekologická ochrana proti vybraným chorobám a škůdcům dle pracovníků Oddělení ochrany chmele v Chmelařském Institutu s.r.o., Žatec:

a) peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*) – prevencí jsou agrotechnická opatření. Šíření lze zabránit včasným zavedením výhonů chmele na vodiče. Během vegetace je nutné udržovat chmelnice čisté a bez plevelů, které v přízemních vrstvách udržují vlhké prostředí. Důležitý je i včasný podzimní úklid chmelnice (Anonym, 2014c). Pro eliminaci primární infekce v jarním období se používá Polyversum (Ježek a kol., 2012).

b) fusarióza – nepřímou ochranou je vhodný výběr pozemků při zakládání chmelnic s optimálním vodním režimem. K výsadbě používat jen zdravé kořenáče, ne mechanicky poškozené. Při výskytu onemocnění ve vlhkých letech chmel nepřiorávat, ale mírně odorat. Snížení možnosti šíření zajistí vyrovnané hnojení, časté plečkování, čistota chmelnic

a podzimní úklid (Anonym, 2014d).

c) sviluška chmelová (*Tetranychus urticae* Koch.) - vhodné je využití přirozených nepřátel, jako jsou drobné ploštice, třásněnky, draví roztoči a malá, asi 1 mm dlouhá sluněčka druhu huňáček sviluškový a jeho larvy (Anonym, 2014e). Dalšími predátory jsou drobní drabčiči rodu *Oligota* a akarofágní bejlomorky *Feltiella acarisuga*. Draví roztoči druhu *Typhlodromus pyri* jsou cíleně vypouštěni do chmelnice a podporují predační aktivitu přirozených predátorů. Je též možné využít akarofágní účinek přípravku Rock Effect (Ježek a kol., 2012), případně přípravek NeemAzal-T/S, obsahující 1 % azadirachtinu. Ten se používá jako 0,5% roztok nebo v dávce 1,5 – 2,5 l.ha⁻¹ (Pavela, 2011).

d) mšice chmelová (*Phorodon humuli* Schrank.) - z přirozených nepřátel mšice chmelové mají hlavní význam především larvy aphidofágních sluněček (Coccinellidae), larvy pestřenek (Syrphidar), některých síťokřídých (Neuroptera) a dravé ploštice (Heteroptera) (Anonym, 2014f). V ekologickém zemědělství není ale s nedostatkem přirozených nepřátel problém, jelikož jsou ekologické chmelnice mnohem méně ošetřeny pesticidy. Pro zvýšení populační hustoty přirozených nepřátel je vhodné vysévat do meziřadí svazenku vratičolistou (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), která působí jako atraktant pro užitečné druhy, především pestřenky. Dále je možné potříst odlistěné spodní části rév extraktem z tropické rostliny *Quassia amara*, známé svým aficidním účinkem, případně použít přípravek Rock Effect (Ježek a kol., 2012).

e) dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuatus* Koch.) - z parazitů je znám lumčík *Perilitus bicolor*. Kritické pro regulaci tohoto škůdce bývá střídání mrazů a oblev (Anonym, 2014g).



Obr. č. 1: Pokusy se zeleným hnojením na lokalitě Stekník

(Dostupné z http://www.chizatec.cz/pictures/user_pages/page3242.jpg?s=345980).

3 Fotosyntéza, transpirace a tvorba výnosu

Fotosyntéza, transpirace a tvorba výnosu plodin jsou úzce související procesy (Kumar a kol., 1994). Fotosyntéza je základní proces pro existenci dnešní biosféry, využívá slunečního záření jako jedinečného zdroje energie pro funkci téměř všech procesů živé hmoty (Renger a kol., 1999). V rostlinách, řasách a některých druzích bakterií vede proces fotosyntézy k uvolnění molekulárního kyslíku a spotřebě oxidu uhličitého z atmosféry, který se využívá k syntéze sacharidů (Whitmarsh, Govindjee, 1999).

Výměna látek a energií v rámci systému půda-vegetace-atmosféra prostřednictvím procesu fotosyntézy a transpirace, je základním prvkem pro kvantitativní hodnocení rostlinné produkce (Yu a kol., 2001). Mnohé studie zkoumaly vztah mezi fotosyntetickými ukazateli a vnějšími přírodními faktory. Tito ukazatelé závisí na mnoha vnějších faktorech a jejich změnách v průběhu vývoje rostlin (Changhai a kol., 2010; Pokorný a kol., 2011a).

Za optimálních podmínek mohou rostliny dosáhnout účinnosti přeměny energie v rámci 90 % teoretického maxima. Za běžných růstových podmínek je však skutečný výkon mnohem nižší než tyto teoretické hodnoty (Whitmarsh, Govindjee, 1999). Energie vlastní biomasy je obvykle nižší než 5 % z celkového dopadajícího záření (Reynolds a kol., 2000). Jedna z nejúčinnějších plodin je cukrová třtina, u které bylo prokázáno, že dokáže uložit až 1 % dopadajícího viditelného záření za jeden rok. Většina plodin je ale méně produktivní. Roční účinnost konverze se pohybuje od 0,1 % do 0,4 % (Whitmarsh, Govindjee, 1999).

Faktory omezující výtěžek fotosyntézy vyplývají z biochemických reakcí v rostlině a z environmentálních podmínek (Whitmarsh, Govindjee, 1999). Jsou jimi např. teplota, koncentrace CO₂, zavlažování, metody používání hnojiv a kultivace půdy. Výnos chmele (nejen v daném roce, ale i v následujících letech) závisí také na kvalitě řezu rostlin. Aktivní bilance fotosyntézy a transpirace usnadňuje prodlužovací růst a zesílení všech orgánů chmelové rostliny (Pokorný a kol., 2011a).

Spolehlivé odhady transpirace rostlin jsou nezbytné pro předpověď potřeby vody a nárůstu biomasy zemědělských plodin. Vzhledem k tomu, že je transpirace často omezena dostupností půdní vody, jsou hlavními environmentálními faktory obsah vody a vodní potenciál půdy v kořenové zóně rostlin (Novák a kol., 2005).

3.1 Vliv teploty

Je známým faktem, který potvrzují např. Berniger (1994) nebo Wheeler a kol. (2000), že světlo a teplota jsou rozhodující faktory ovlivňující vývoj rostlin. Znalost teploty vzduchu a intenzity záření je nutná pro výpočet procesů fotosyntézy a transpirace. Teplota je také jedním z hlavních klimatických vlivů na růst a tvorbu výnosu.

Jak uvádí Sorrentino a kol. (1997) a D'Ambrosio a kol. (2006), vysoké či nízké teploty v souvislosti s nedostatečnými zásobami vody působí za přírodních světelných podmínek fotoinhibičně. Pokud tedy teplota dosáhne extrémních hodnot nepřiměřených dané roční době, které odpovídá i ontogenetická fáze rostliny, a současně nemá rostlina dostatek vody, dochází k inhibici fotosyntézy. To je procesem nežádoucím, protože zvláště v období letních měsíců, kdy mohou teploty v podmínkách ČR dosahovat i přes 40 °C a může nastat nedostatek vody v nezavlažovaných porostech, tak může docházet k různě dlouhým intervalům, kdy rostliny nedosahují požadovaného produkčního potenciálu, což je předpokladem pro snížení výnosu hlavního produktu. Epron (1997) píše, že fotoinhibice nastává, pokud je množství absorbované energie vyšší než jeho spotřeba ve fotosyntetických procesech. Dále potvrzuje, že rozsah fotoinhibice fotosyntézy je druhově specifický a závislý na dalších stresových faktorech, které se často vyskytují v polních podmínkách společně. Je proto důležité, aby rostliny byly na kritická období připraveny v co nejlepším zdravotním stavu, s dostatečnou zásobou vody a živin. Zvýší se tak tím jejich šance na přežití a sníží se negativní dopad vysokých či nízkých teplot.

Pokorný (2011) ve své disertační práci uvádí, že pro optimální růst a následnou tvorbu výnosu by v dubnu neměla teplota klesnout pod +7 °C, v květnu pod +11 °C a v měsících červen až srpen by se měla pohybovat mezi +15 až +18 °C. Důležitá je také vyrovnanost a stálost teplot.

3.2 Vliv vody

Voda je nezbytná pro život na planetě Zemi. Je zásadním ekologickým faktorem ovlivňujícím nesčetné množství procesů v přírodě.

Z hlediska fotosyntézy je dostupnost půdní vody imitujícím faktorem. Zdroje půdní vody jsou redukovány o vodu, která je zachycena listy a poté odpařena. Další ztráty

způsobuje případná drenáž, povrchový odtok a evaporace (Keenan a kol., 2010). Voda je pro průběh fotosyntézy významným faktorem a její deficit ovlivňuje celý fyziologický stav rostliny (Hniličková, Hnilička, 2008).

Regulace fotosyntézy i transpirace je zajištěna kontrolním mechanismem v podobě zpětné vazby průduchů. Jejich aktivitu ovlivňuje (ne)dostatek vody. Většina plodin v mírném až subtropickém pásmu musí v průběhu životního cyklu tolerovat suchá období, která obvykle negativně ovlivňují výnos. Vliv na výnos závisí na fázi ontogeneze, ve které se nedostatek vody objeví a na intenzitě a době trvání vodního deficitu (Kumar a kol., 1994). Stres, který vyvolá nedostatek vody, může snížit rychlost fotosyntézy a růst rostlinných orgánů (Álvarez a kol., 2011). Na druhou stranu dostatek vody může pomoci překonat stres v období vysokých teplot.

Keenan a kol. (2010) ale uvádí, že aktivita průduchů je regulována požadavky fotosyntézy a že průduchy nehrají aktivní roli v dlouhodobé regulaci fotosyntézy během období vodního stresu. To je sporné tvrzení vzhledem k tomu, že aktivita průduchů je považována za jeden z hlavních regulátorů fotosyntézy při nedostatku vody.

Obnova rychlosti fotosyntézy po silném vodním stresu souvisí se změnami ve vnitřní struktuře chloroplastu. Pokud dojde k výrazně silnému nedostatku nebo je interval deficitu dlouhý, dochází k poškození. Proto může být rozdíl v rychlosti fotosyntézy před obdobím deficitu a po opětovném zavlažení považován za míru vnitřního poškození fotosyntetických funkcí vodním stresem. Rychlost a úroveň obnovy fotosyntézy se liší podle druhu, odrůdy a stupně stresu (Miyashita a kol., 2005).

Podle Mohla (1924) dosahuje potřeba srážek 450 - 600 mm za vegetaci. Vent (1963) uvádí, že na vytvoření jednoho kilogramu zelené hmoty je potřeba až 500 litrů vody. Studie provedená Linkem a Reblem (1950) tvrdí, že je třeba 300 litrů na každý kilogram hmoty chmele.

Důležité je také rovnoměrné rozložení srážek s důrazem na jejich dostatek v období dozrávání, tedy před dosažením technické zralosti (Pejml, 1971). To potvrzuje i Kopecký (1991), který tvrdí, že nedostatek srážek na začátku vegetace nemá významný vliv na růst chmele.

Autoři (Kopecký, 1991; Vent, 1963) se tak shodují, že nejkritičtějšími obdobími z hlediska tvorby výnosu chmele a nedostatku vody je červenec a první polovina srpna.

3.3 Vliv koncentrace oxidu uhličitého

Zásadním efektem zvýšení obsahu atmosférického CO₂ u dobře zavlažovaných rostlin je zvýšení fotosyntézy. Zvýšení obsahu CO₂ způsobuje také částečné uzavření průduchů vedoucí ke snížení rychlosti transpirace na jednotku listové plochy. To však může vést ke zvýšení teploty listů. Tento nepřímý účinek na teplotu rostliny, zvláště pokud se zvýší i teplota okolního vzduchu, bude mít významný dopad na produktivitu zemědělských plodin (Reddy a kol., 1994).

S rostoucí teplotou se transpirace výrazně zvyšuje, zatímco obohacení o CO₂ významně sníží transpiraci i v malých dávkách a nezávisle na teplotě (Reddy a kol., 1994). Fleisher a kol. (2008) potvrzují, že zvýšená koncentrace CO₂ v atmosféře zlepšuje účinnost využití vody a zvyšuje rychlost fotosyntézy.

Fotosyntéza začíná probíhat přibližně při obsahu 0,01 % CO₂ ve vzduchu. Ani současná průměrná koncentrace 0,038 % CO₂ ve vzduchu však není zcela dostačující a fotosyntéza se zvyšující se koncentrací (až na dvacetinásobek) vzrůstá (Hniličková, Hnilička, 2008).

Jelikož je ale chmel plodinou pěstovanou v otevřené krajině, nepřichází tak umělé zvyšování koncentrace CO₂ v produkčních podmínkách v úvahu.

3.4 Tvorba výnosu

Hospodářský výnos chmele je součinem průměrné hmotnosti jedné hlávky a počtem hlávek na jednotce plochy. Ten je dán počtem rév na jednotku plochy a počtem plodných pazochů na révě. Z hlediska jakosti chmelových hlávek není žádoucí sklízet větší hlávky v menším počtu, ale je nutné zaměřit se na realizaci co nejvyššího počtu hlávek na každé zavedené révě. Předpokladem maximálního počtu hlávek je optimální počet rostlin na jednotce plochy, počet zavedených rév a průměrný počet plodných pazochů na jedné révě (Rybáček a kol., 1980). Jako optimální se jeví zavedení dvou až tří výhonů na jeden chmelovodič. Tento počet je předpokladem pro dosažení počtu 16 000 rév dorůstajících stropu konstrukce (Kopecký, 1997).

Kvalita a úroveň výnosu je ovlivněna mnoha dalšími faktory, jako jsou odrůda (Pokorný a kol., 2011a), ekologické a klimatické podmínky daného ročníku (Rybáček a kol., 1980; Kang a kol., 2009), výživa rostlin (Prugar a kol., 2008) a další. Tvorba výnosu

chmele by se tak dala charakterizovat jako výsledek komplexního působení různých faktorů, např. geneticky daných vlastností odrůd, počasí a půdních podmínek. Tyto faktory ovlivňují fotosyntézu, jakožto základní syntetický proces zajišťující tvorbu výnosu rostlin (Pokorný a kol., 2011b). Využití produkčního potenciálu závisí na hierarchickém pořadí fyziologických funkcí v různých úrovních rostliny a stanoviště (Pokorný a kol., 2010).

Redukce výnosových prvků není u dospělých rostlin žádoucí, přesto k ní dochází vlivem neopatrnosti při agrotechnických zásazích. Především při řezu, zavádění rév a kultivaci. Redukce způsobuje mezerovitost, kterou lze kompenzovat zaváděním většího počtu rév ze sousedních rostlin, ovšem pouze v malém měřítku (Rybáček a kol., 1980).



Obr. č. 2: Přenosný analyzátor LC pro+ při měření na listu biochmele (osobní archiv).

MATERIÁL A METODY

Rychlost fotosyntézy a rychlost transpirace byla měřena přístrojem LC pro+ (ADC Bio Scientific Ltd.) s listovou komůrkou.

LC pro+ je komerční přenosný analyzátor pracující gazometrickou metodou, tedy na principu měření změn obsahu CO₂ a H₂O (ve formě vodní páry) v měřící komůrce. Zároveň dokáže pomocí přídatného zařízení do měřící komůrky o rozměrech 2 x 2 cm emitovat světelné záření o zadané vlnové délce a udržovat v ní nastavenou teplotu. Naměřené hodnoty jsou přístrojem zapisovány na přenosnou paměťovou kartu. Přístroj je schopen emitovat záření o vlnové délce 400 až 700 nm, je schopen měřit rychlost fotosyntézy v rozsahu 0 - 2000 μmol CO₂.m⁻².s⁻¹ a při teplotě -5 až +50 °C.

Při měření pokusů této diplomové práce byla v měřící komůrce nastavena teplota 23 °C a vlnová délka záření 600 nm.

Metodika měření jednotlivých variant je popsána níže.

Metodika měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révových a pazochových listů chmele

V porostu odrůdy Agnus na chmelnici Zimmermann 6 Účelového hospodářství Stekník (GPS 50°19'41.156"N, 13°37'11.538"E) byly vybrány průměrné chmelové rostliny, na nichž byla ve výšce cca 2 metry měřena rychlost fotosyntézy a transpirace révového a pazochového listu. Měření každého listu probíhalo 25 minut. Měření proběhlo v termínech 25. 7. 2011, 23. 7. a 25. 7. 2012 a 31. 7. a 8. 8. 2013., vždy v ranních hodinách. Bylo měřeno za podmínek jasno až polojasno, bez výrazných srážek v předchozí noci i beze srážek v průběhu měření. Listy byly pro redukci chyb v měření suché.

Metodika měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révových listů chmele poškozených dřepčikem chmelovým (*Psylliodes attenuatus* Koch.) a peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*)

V porostu odrůdy Agnus na chmelnici Zimmermann 6 Účelového hospodářství

Stekník (GPS 50°19'41.156"N, 13°37'11.538"E) byly záměrně vybrány průměrné chmelové rostliny, jejichž révové listy byly napadeny dřepčíkem chmelovým (*Psylliodes attenuatus* Koch.) v rozsahu poškození 5 až 15 % a peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) v rozsahu poškození 40 až 50 %. U takto poškozených listů byla měřena rychlost fotosyntézy a rychlost transpirace. Pro kontrolu byl měřen zdravý list chmele. Měření každého listu probíhalo ve výšce cca 2 metry po dobu 25 minut v termínech 21. 7. 2011, 10. 7., 19. 7., 24. 7. a 2. 8. 2012 a 23. 7., 5. 8. a 8. 8. 2013, vždy v ranních hodinách. Bylo měřeno za podmínek jasno až polojasno, bez výrazných srážek v předchozí noci i beze srážek v průběhu měření. Listy byly pro redukci chyb v měření suché.

Metodika měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révových listů chmele v konvenčním a ekologickém zemědělství

V porostu odrůdy Premiant na chmelnicích Globus (ekologická plocha - GPS 50°19'16.654"N, 13°37'50.645"E) a K Hradišti (konvenční plocha - GPS 50°19'35.468"N, 13°37'45.274"E) byly vybrány průměrné chmelové rostliny, jejichž révové listy byly napadeny dřepčíkem chmelovým v rozsahu poškození 0 až 5 % a peronosporou chmelovou v rozsahu poškození 0 až 5 % (není téměř možné najít v dostupné výšce úplně zdravý list), na nichž byla měřena rychlost fotosyntézy a transpirace révového listu ve výšce cca 2 metrů. Měření každého listu probíhalo 30 minut v termínech 7. 8. a 12. 8. 2012 a 1. 8. a 6. 8. 2013, vždy v ranních hodinách. Bylo měřeno za podmínek jasno až polojasno, bez výrazných srážek v předchozí noci i beze srážek v průběhu měření. Listy byly pro redukci chyb v měření suché. Zároveň bylo subjektivně zaznamenáno procentuální poškození listů.



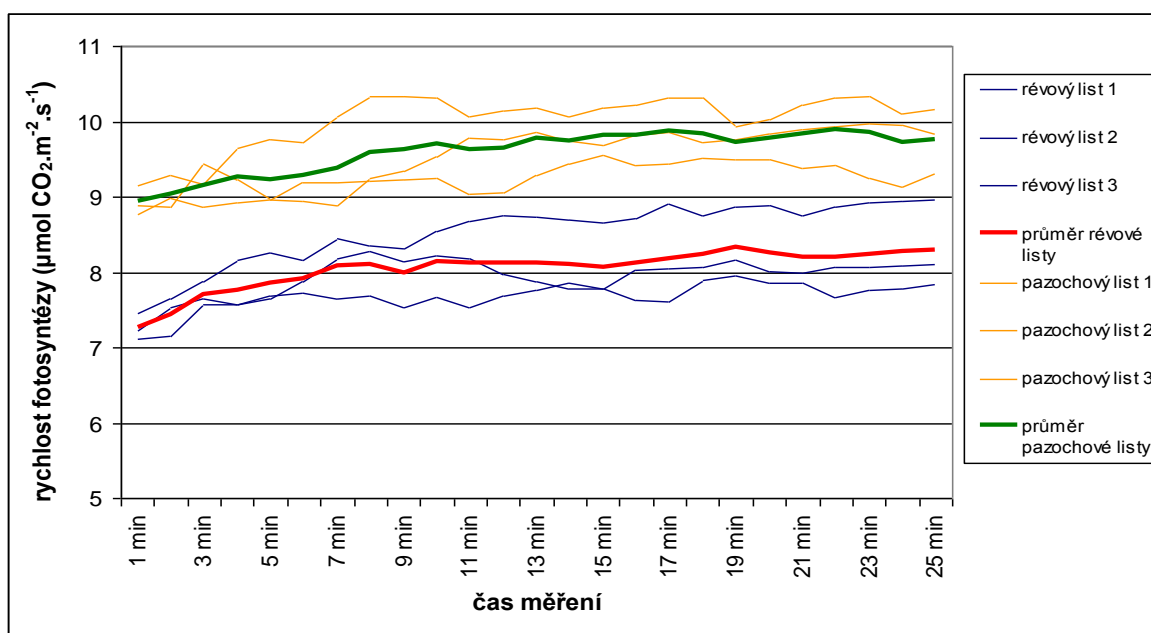
Obr. č. 3: Hlávky napadené peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) (Dostupné z http://www.chizatec.cz/pictures/user_pages/page956.jpg?s=39680).

VÝSLEDKY

4 Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révových a pazochových listů chmele

4.1 Měření 2011

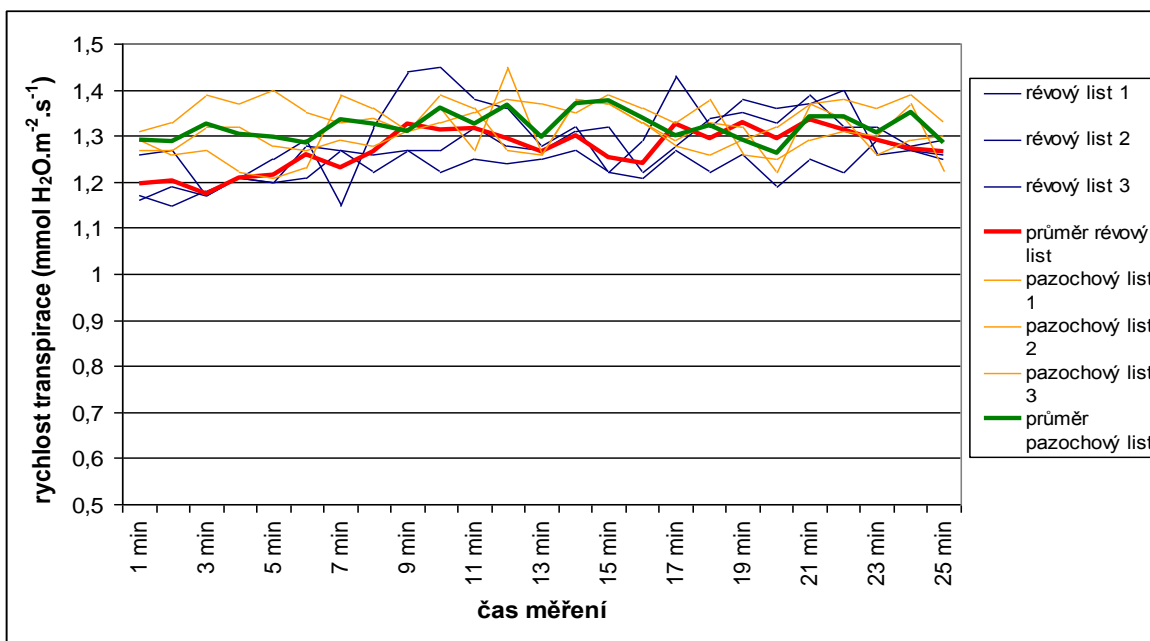
Grafy č. 5 a graf č. 6 popisují průběh měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révových a pazochových listů v průměru a ve třech opakováních.



Graf č. 5: Porovnání rychlosti fotosyntézy (v $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) révových a pazochových listů chmele (2011).

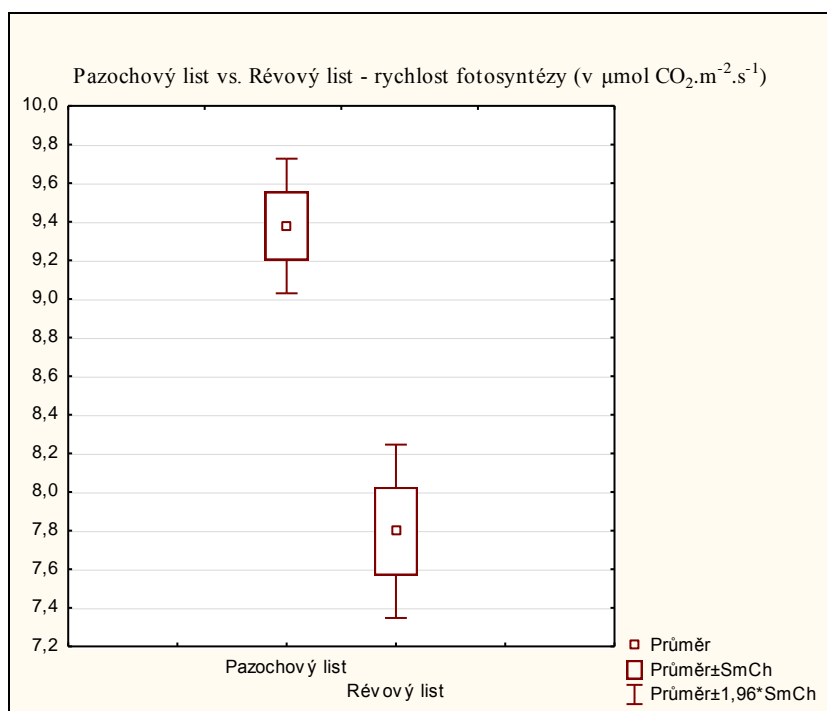
Rychlost fotosyntézy révových listů se v průměru pohybovala mezi 7,27 – 8,33 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnoty rychlosti fotosyntézy pazochových listů se pohybovaly v průměru mezi 8,94 – 9,89 v $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Rychlost transpirace révových listů se v průměru pohybovala mezi 1,20 – 1,34 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnoty rychlosti transpirace pazochových listů se pohybovaly mezi 1,28 – 1,38 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost transpirace byla v průměru u révových pazochových listů vyrovnaná.



Graf č. 6: Porovnání rychlosti transpirace (v $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) révových a pazochoových listů chmele (2011).

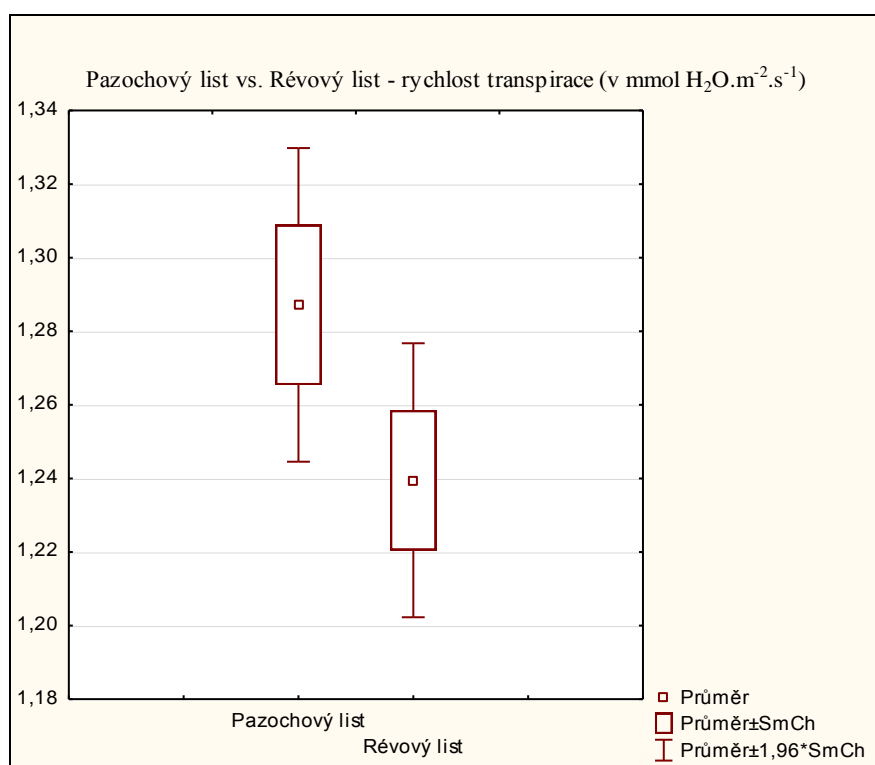
Statistickým šetřením výsledků roku 2011 byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi rychlostí fotosyntézy révových a pazochoových listů chmele. K vyhodnocení byl použit dvouvýběrový t-test. Výsledek znázorňuje graf č. 7.



Graf č. 7: Stastické vyhodnocení rychlosti fotosyntézy révových a pazochoových listů chmele v roce 2011.

Hodnota parametru p , který určuje chybu I. řádu, tedy pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy (oba testované soubory se v testovaném kritériu neliší), je nižší, než hladina významnosti 0,05. Ve statistickém šetření rychlosti fotosyntézy je hodnota parametru p rovna 0,0055.

Statistickým šetřením však nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi rychlostí transpirace révových a pazochových listů chmele. Taktéž byl použit dvouvýběrový t-test. Výsledek znázorňuje graf č. 8.

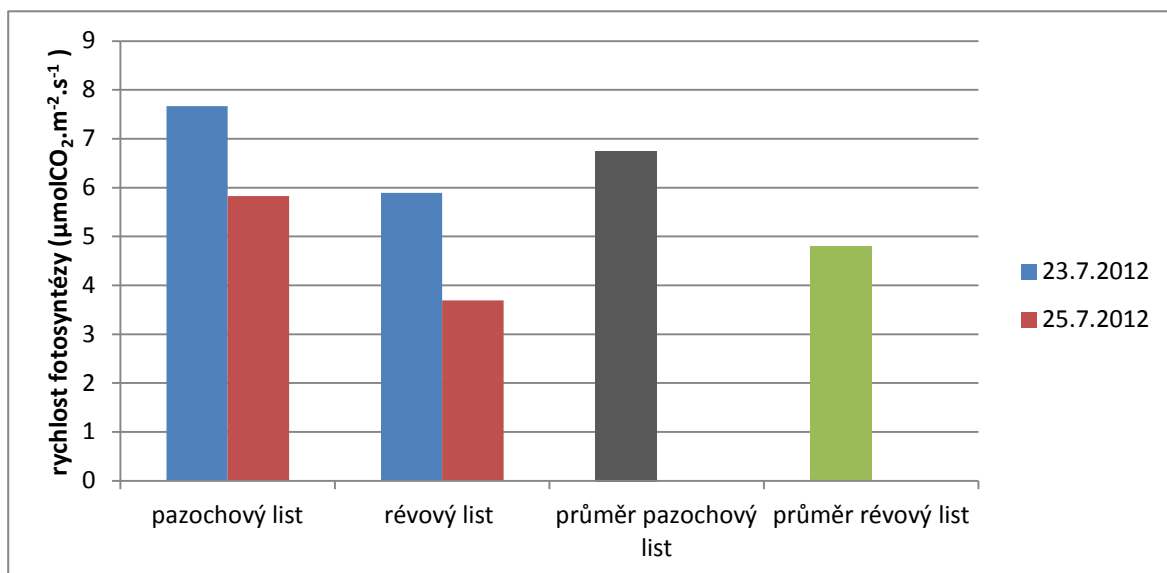


Graf č. 8: Stastické vyhodnocení rychlosti transpirace révových a pazochových listů chmele v roce 2011.

Hodnota parametru p pro rychlost transpirace je rovna 0,17. Jelikož je vyšší, než hladina významnosti, je přijata nulová hypotéza, že sledované soubory se v testovaném kritériu neliší.

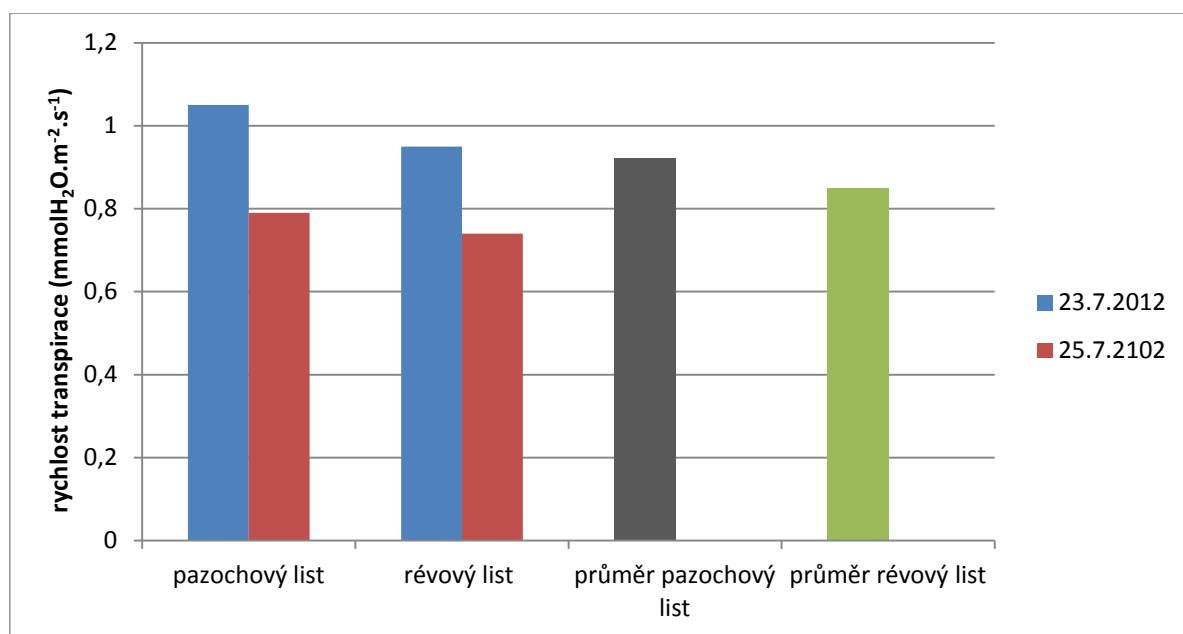
4.2 Měření 2012

Grafy č. 9 a 10 znázorňují průměrné rychlosti fotosyntézy a transpirace, kterých dosahovaly listy chmele při měření v roce 2012.



Graf č. 9: Porovnání rychlosti fotosyntézy (v $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) révových a pazochovéch listů chmele (2012).

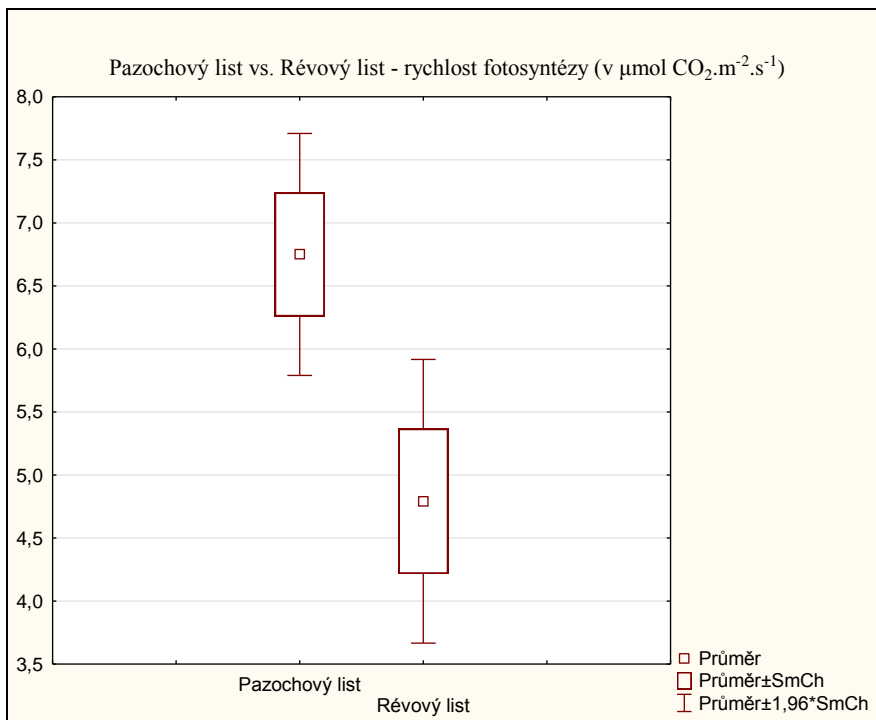
Hodnoty rychlosti fotosyntézy prvním dni měření dosahovaly v průměru $7,67 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u pazochovéch listů a $5,89 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u listů révových. Ve druhém dni měření byly hodnoty celkově nižší, $5,83 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u pazochovéch listů a $3,69 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u révových listů. V průměru dosáhly hodnot $6,75 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ pro pazochové listy, respektive $4,79 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ pro révové listy.



Graf č. 10: Porovnání rychlosti transpirace (v $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) révových a pazochovéch listů chmele (2012).

Rychlost transpirace v prvním dni měření dosáhla průměrné hodnoty $1,05 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u pazochoových listů a $0,95 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u révových listů. Ve druhém dni byly naměřeny průměrné hodnoty $0,79 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u listů pazochoových a $0,74 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u listů révových.

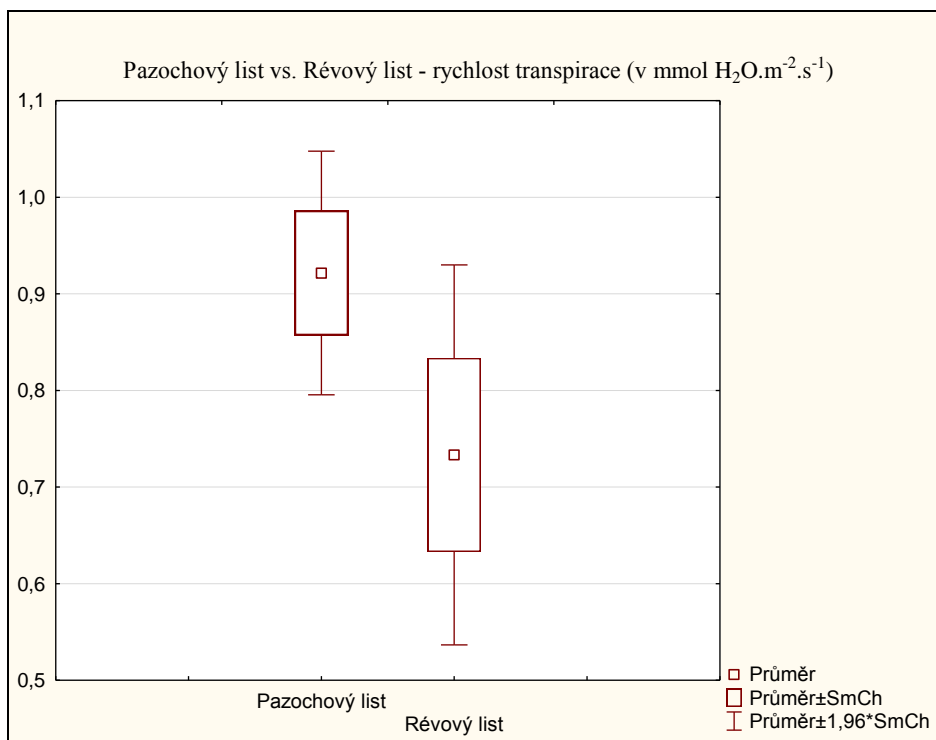
Statistické šetření prokázalo statisticky významný rozdíl v rychlosti fotosyntézy i v roce 2012. Hodnota parametru p dvouvýběrového t-testu je $0,027$. Výsledek šetření znázorňuje graf č. 11. Stejně jako v roce 2011 nebyl prokázán rozdíl v rychlosti transpirace révových a pazochoových listů chmele. Hodnota parametru p je $0,145$ a výsledek je znázorněn grafem č. 12.



Graf č. 11: Stasticiké vyhodnocení rychlosti fotosyntézy révových a pazochoových listů chmele v roce 2012.



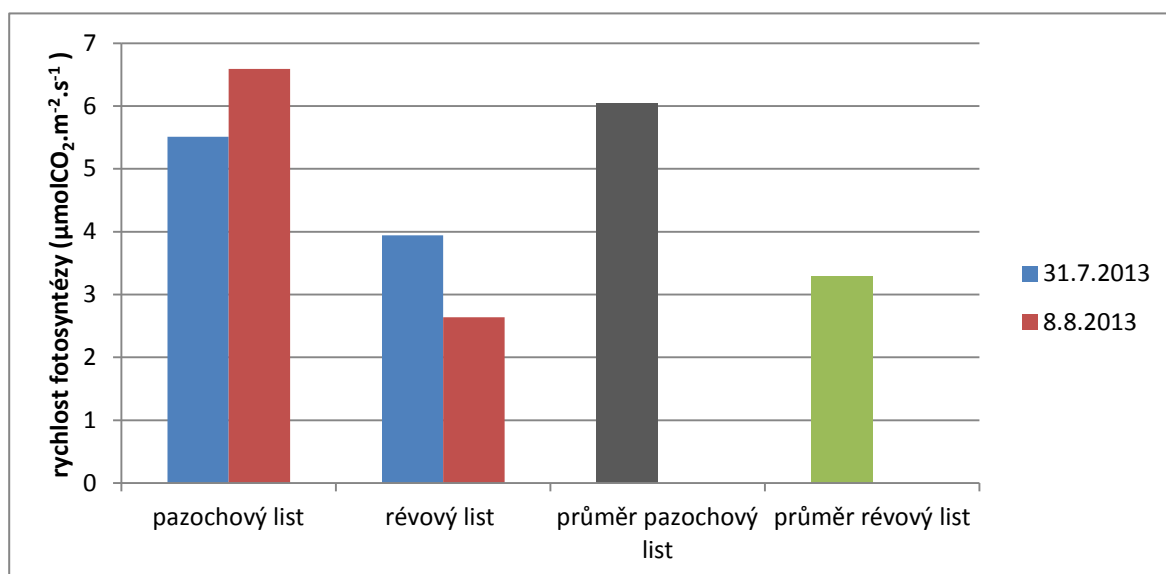
Obr. č. 4: Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révového listu (osobní archiv).



Graf č. 12: Statické vyhodnocení rychlosti transpirace révových a pazochovéch listů chmele v roce 2012.

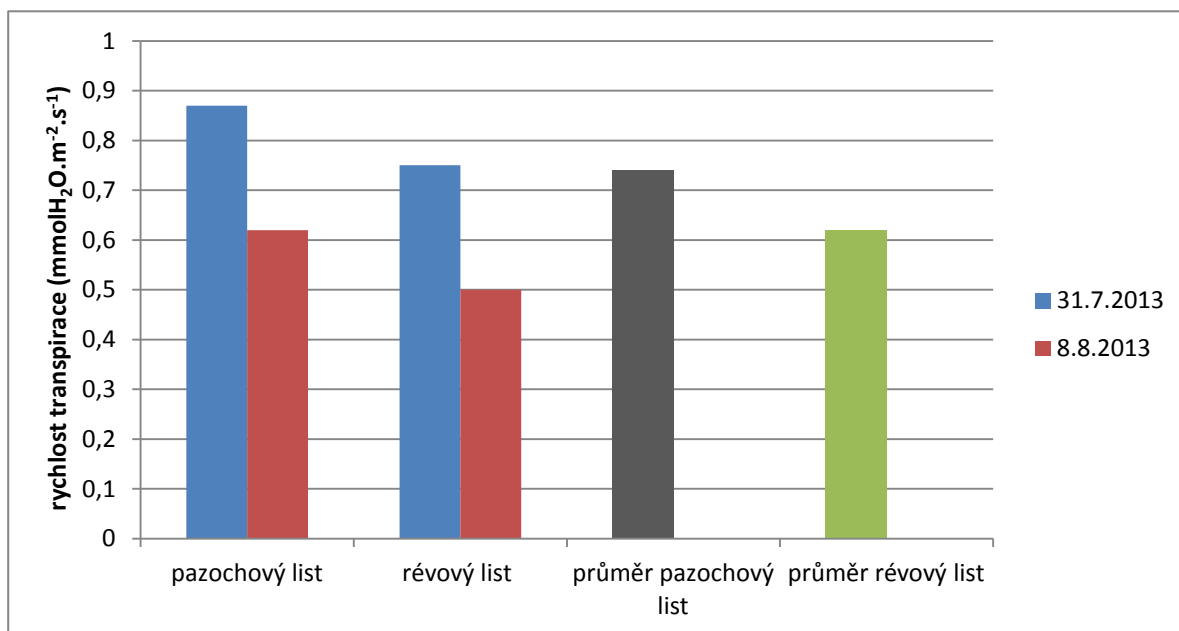
4.3 Měření 2013

Grafy č. 13 a 14 zobrazují hodnoty rychlostí fotosyntézy a transpirace, které byly naměřeny v roce 2013.



Graf č 13: Porovnání rychlosti fotosyntézy (v $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) révových a pazochovéch listů chmele (2013).

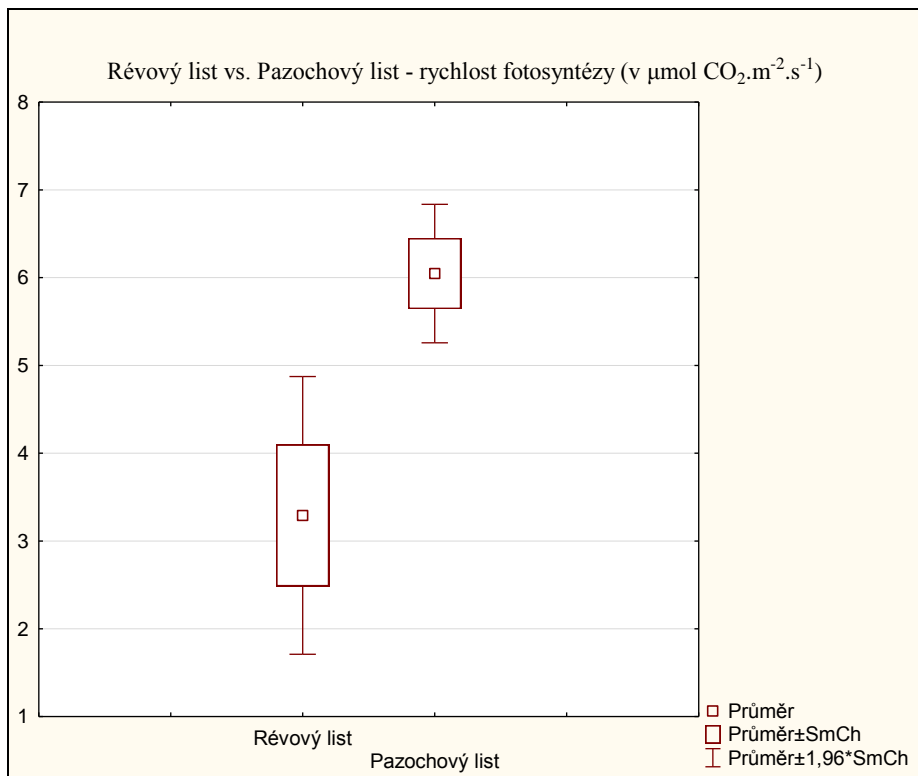
Rychlost fotosyntézy pazochoových listů dosáhla v průměru $5,51 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a $6,59 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v druhém dni měření. Rychlost fotosyntézy révových listů dosáhla v průměru $3,94 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v prvním dni měření a $2,94 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v druhém dni měření. Průměrná rychlost fotosyntézy za rok 2013 je tak $6,05 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u listů pazochoových a $3,29 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ u listů révových.



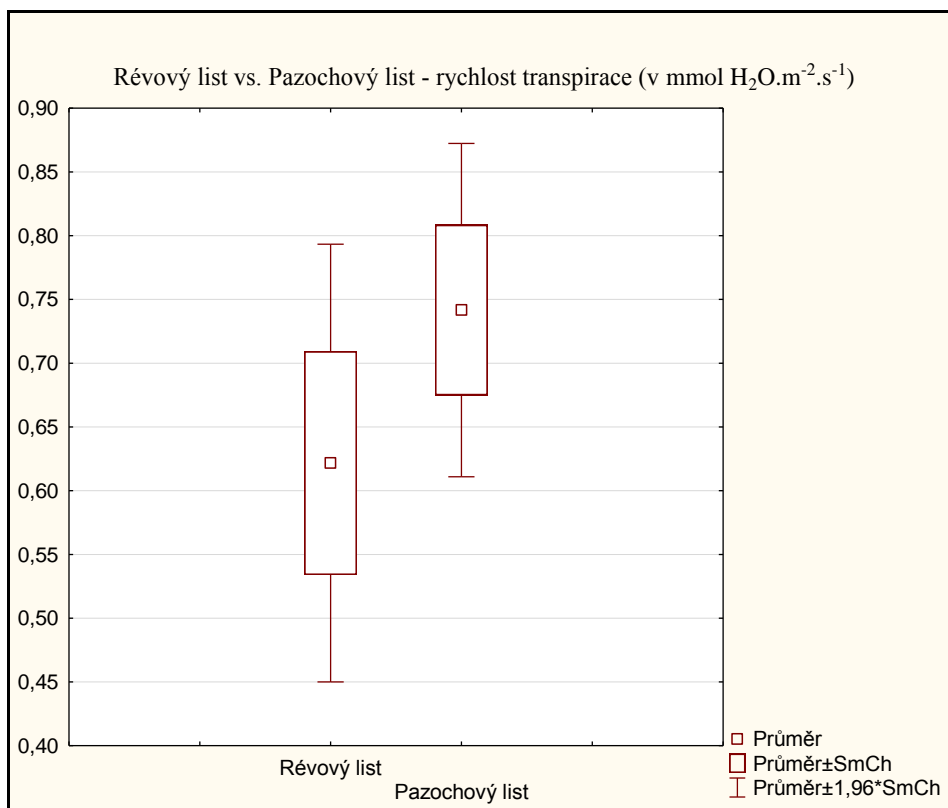
Graf č 14: Porovnání rychlosti transpirace (v $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) révových a pazochoových listů chmele (2013).

Rychlost transpirace pazochoových listů dosáhla v průměru $0,87 \text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a $0,62 \text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v druhém dni měření. Rychlost transpirace révových listů dosáhla v průměru $0,75 \text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v prvním dni měření a $0,50 \text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v druhém dni měření. V průměru měření za rok 2013 tak pazochové listy transpirovaly rychlostí $0,74 \text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a révové listy rychlostí $0,62 \text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Statistickým vyhodnocením výsledků byl stejně jako v předchozích letech 2011 a 2012 prokázán významný rozdíl mezi rychlostí fotosyntézy révových a pazochoových listů chmele (viz graf č. 15) a nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v rychlosti transpirace (viz graf č. 16). Parametr p pro rychlost fotosyntézy je 0,012 a pro rychlost transpirace 0,301.



Graf č. 15: Stastické vyhodnocení rychlosti fotosyntézy révových a pazochových listů chmele v roce 2013.

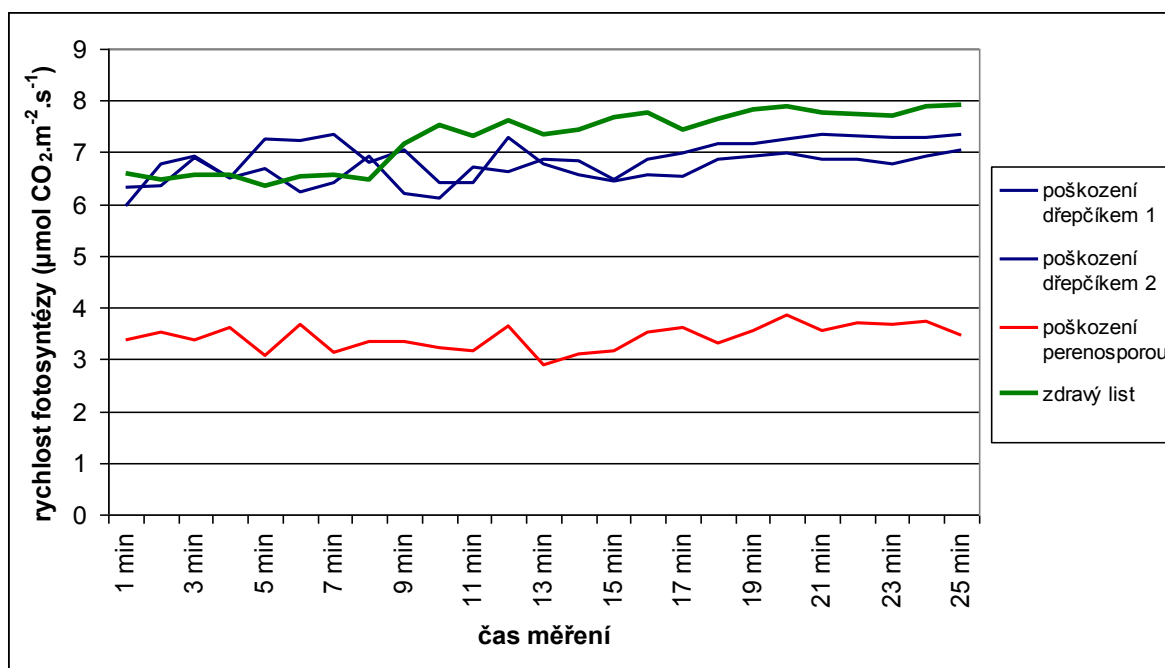


Graf č. 16: Stastické vyhodnocení rychlosti transpirace révových a pazochových listů chmele v roce 2013.

5 Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace listů chmele poškozených dřepčíkem chmelovým a peronosporou chmelovou

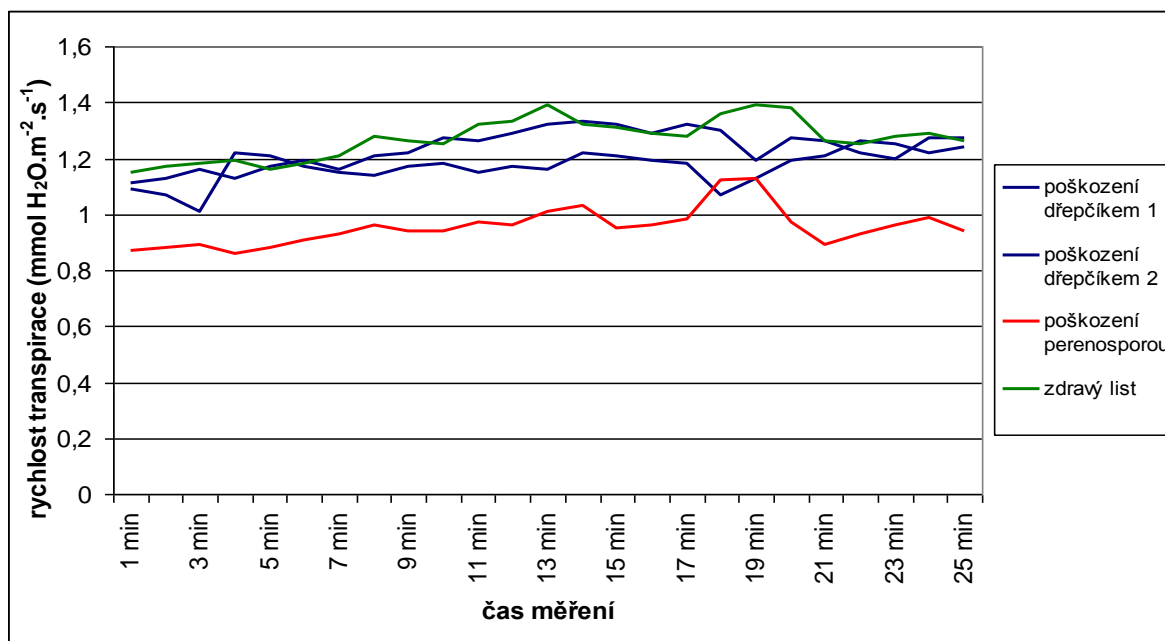
5.1 Měření 2011

Grafy č. 17 a graf č. 18 popisují vybrané hodnoty měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révových listů poškozených dřepčíkem chmelovým (*Psylliodes attenuatus* Koch.) a peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) oproti kontrole.



Graf č. 17: Porovnání rychlosti fotosyntézy (v $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) listů chmele napadených dřepčíkem chmelovým, resp. peronosporou chmelovou (2011).

Rychlost fotosyntézy listů napadených dřepčíkem chmelovým (*Psylliodes attenuatus* Koch.) se pohybovala mezi $5,97 - 7,35 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Rychlost fotosyntézy listů napadených peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) se pohybovala mezi $2,90 - 3,85 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Rychlost fotosyntézy zdravého listu chmele se pohybovala v rozmezí $6,46 - 7,91 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.



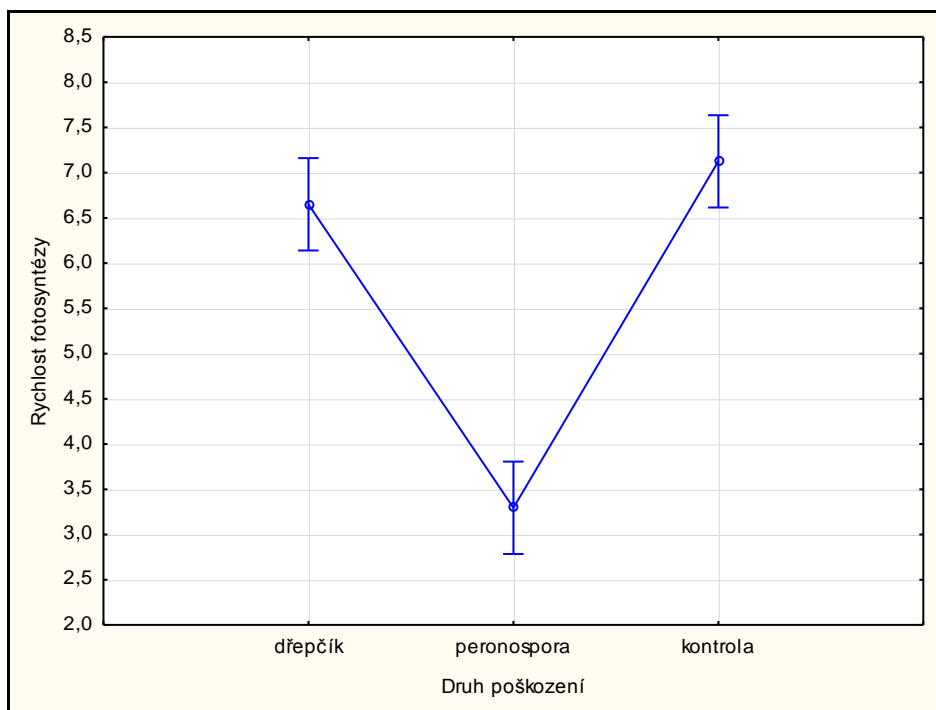
Graf č. 18: Porovnání rychlosti transpirace (v mmol H₂O.m⁻².s⁻¹) listů chmele napadených dřepčíkem chmelovým, resp. peronosporou chmelovou (2011).

Rychlost transpirace listů napadených dřepčíkem chmelovým se pohybovala mezi 1,07 – 1,33 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Rychlost transpirace listů napadených peronosporou chmelovou se pohybovala v rozmezí 0,86 – 1,13 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹. Rychlost transpirace zdravého listu chmele se pohybovala mezi 1,15 – 1,39 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹.

Statistickým šetřením dat z roku 2011 byl zjištěn průkazný rozdíl mezi rychlostí fotosyntézy listů poškozených peronosporou a kontrolou i listy poškozenými dřepčíkem. K vyhodnocení výsledků byla použita statistická metoda jednovýběrová ANOVA a Scheffeho test. Výsledky znázorňuje graf č. 19 a tabulka č. 10.

Tab. č.10: Scheffeho test pro rychlosti fotosyntézy poškozených listů (2011).

Č. buňky	Scheffeho test			
	Druh poškození	1	2	3
		6,6500	3,2950	7,1250
1	dřepčík		0,001573	0,258823
2	peronospora	0,001573		0,001062
3	kontrola	0,258823	0,001062	



Graf č. 19: Vyhodnocení ANOVA rychlosti fotosyntézy poškozených listů (2011).

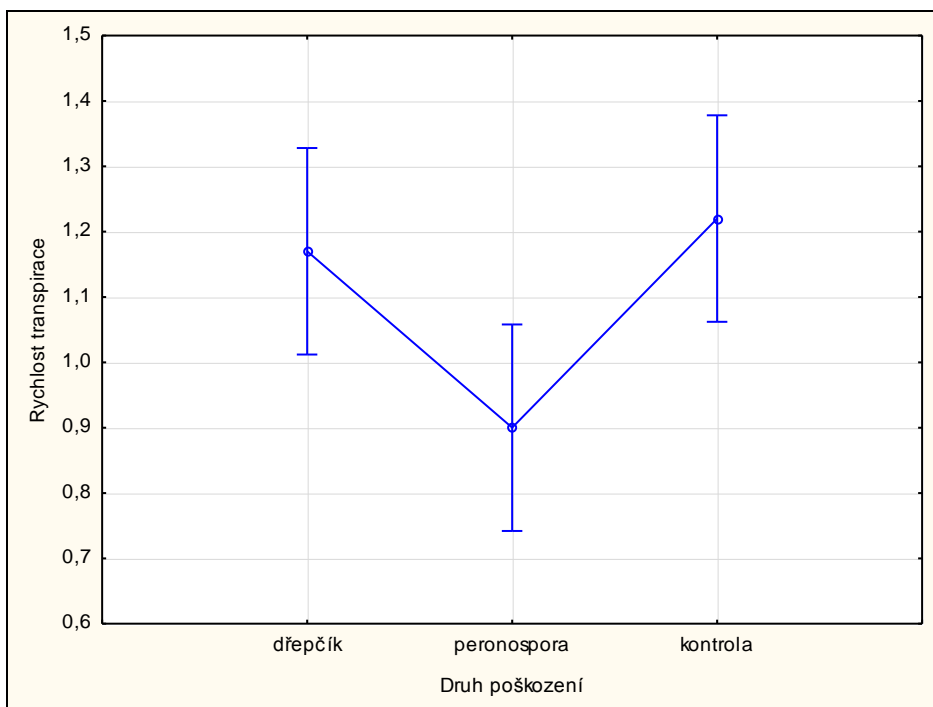
Dále byl statisticky prokázán rozdíl v rychlosti transpirace mezi hodnotami naměřenými u listů poškozených dřepčíkem chmelovým i kontrolou s listy poškozenými peronosporou chmelovou. Pro statistické vyhodnocení byla taktéž použita jednovýběrová ANOVA a Scheffeho test. Výsledky šetření znázorňuje tabulka č. 11 a graf č. 20.

Tab. č. 11: Scheffeho test pro rychlosti transpirace poškozených listů (2011).

Č. buňky	Scheffeho test			
	Druh poškození	1	2	3
		1,1700	,90000	1,2200
1	dřepčik		0,069326	0,791268
2	peronospora	0,069326		0,044875
3	kontrola	0,791268	0,044875	



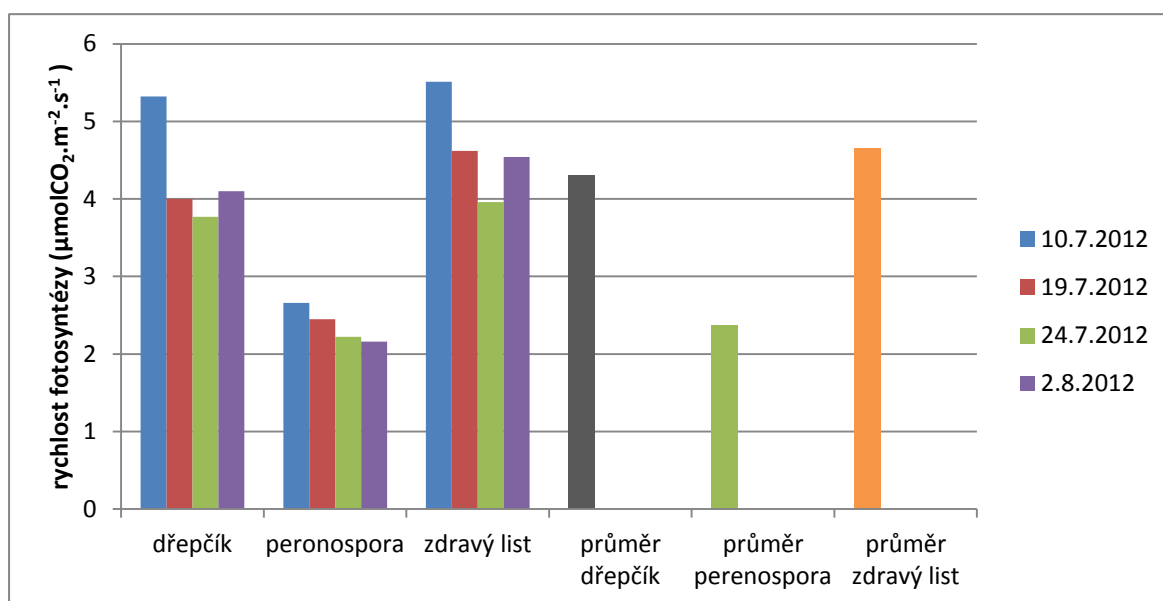
Obr. č. 5: Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace poškozených listů (osobní archiv).



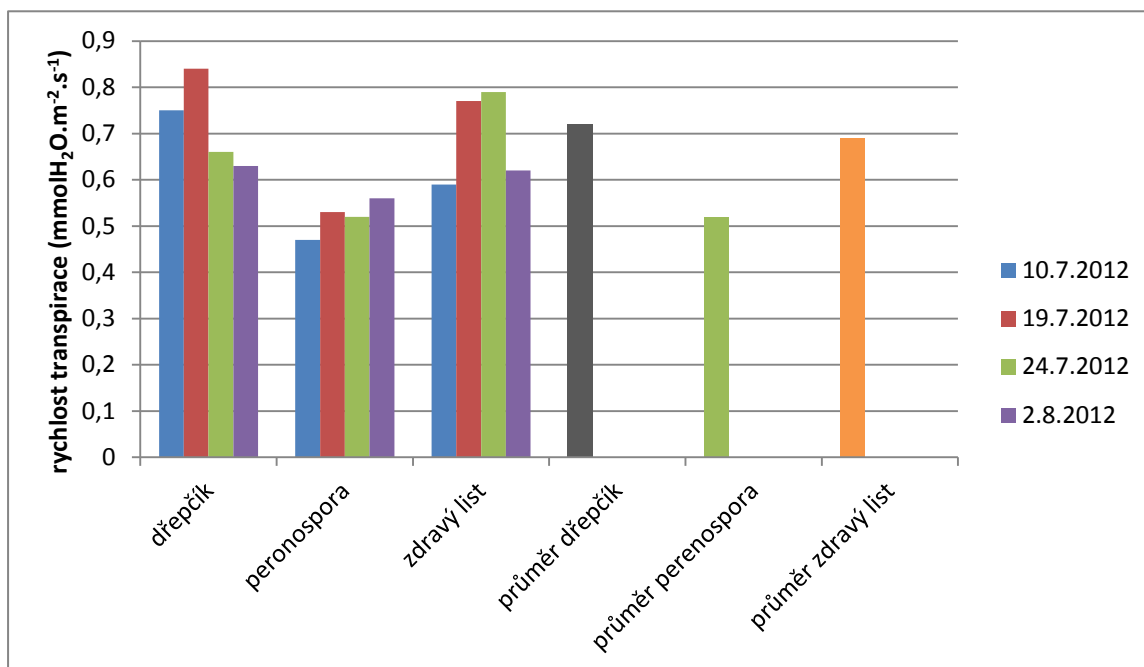
Graf č. 20: Vyhodnocení ANOVA rychlosti transpirace poškozených listů (2011).

5.2 Měření 2012

Grafy č. 21 a 22 zobrazují průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy a transpirace poškozených listů.



Graf č. 21: Porovnání rychlosti fotosyntézy (v $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) listů chmele napadených dřepčíkem chmelovým, resp. peronosporou chmelovou (2012).



Graf č. 22: Porovnání rychlosti transpirace (v $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) listů chmele napadených dřepčíkem chmelovým, resp. peronosporou chmelovou (2012).

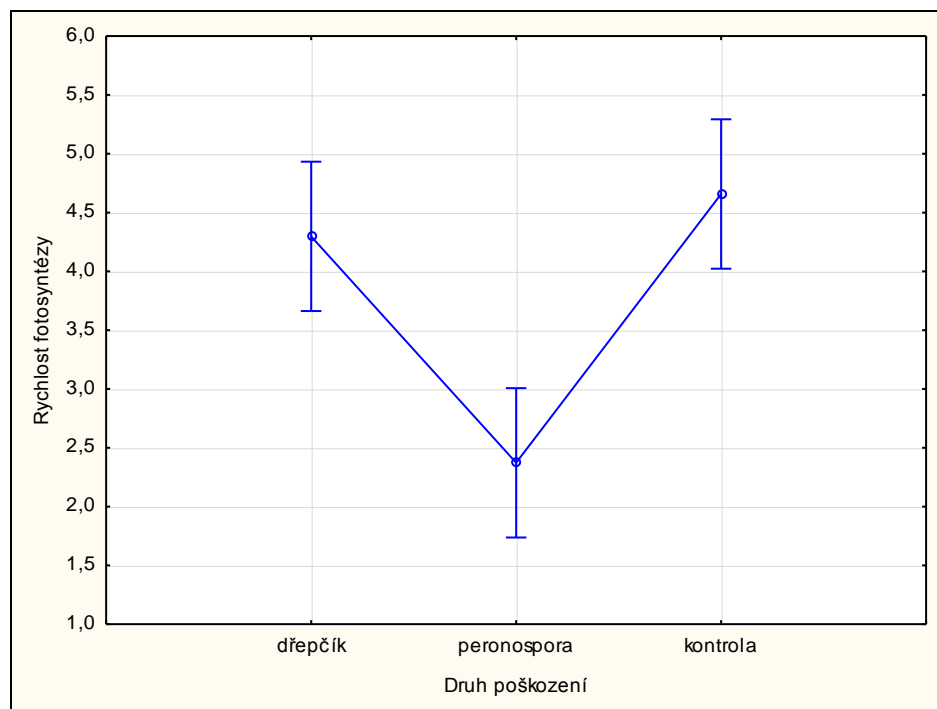
Rychlost fotosyntézy listů poškozených dřepčíkem chmelovým dosahovala průměrných hodnot od 3,77 do 5,22 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost fotosyntézy listů poškozených peronosporou chmelovou dosahovala průměrných hodnot 2,16 - 2,66 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlost fotosyntézy kontrolních zdravých listů se pohybovala od 3,96 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ do 5,51 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Průměr rychlostí fotosyntézy za rok 2012 je 4,3 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pro listy poškozené dřepčíkem chmelovým, 2,37 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pro listy poškozené peronosporou chmelovou a 4,66 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pro zdravé listy.

Rychlost transpirace listů poškozených dřepčíkem chmelovým dosahovala průměrných hodnot od 0,66 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ do 0,75 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. U listů poškozených peronosporou chmelovou to bylo 0,47 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ až 0,56 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Kontrolní listy dosáhly rychlosti transpirace 0,59 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ až 0,79 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V průměru za rok 2012 dosáhly hodnoty rychlosti transpirace u listů poškozených dřepčíkem chmelovým 0,72 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, u listů poškozených peronosporou 0,52 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a u listů zdravých 0,69 $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Statistickým šetřením byl prokázán významný rozdíl v rychlosti fotosyntézy listů poškozených peronosporou a zdravých listů i listů poškozených dřepčíkem chmelovým. Naopak nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v rychlosti fotosyntézy listů poškozených dřepčíkem a listů kontrolních. Výsledky znázorňuje tabulka č. 12 a graf č. 23.

Tab. č. 12: Scheffeho test pro rychlosti fotosyntézy poškozených listů (2012).

Č. buňky	Scheffeho test			
	Druh poškození	1	2	3
		4,2975	2,3725	4,6575
1	dřepčík		0,003089	0,674724
2	peronospora	0,003089		0,000963
3	kontrola	0,674724	0,000963	

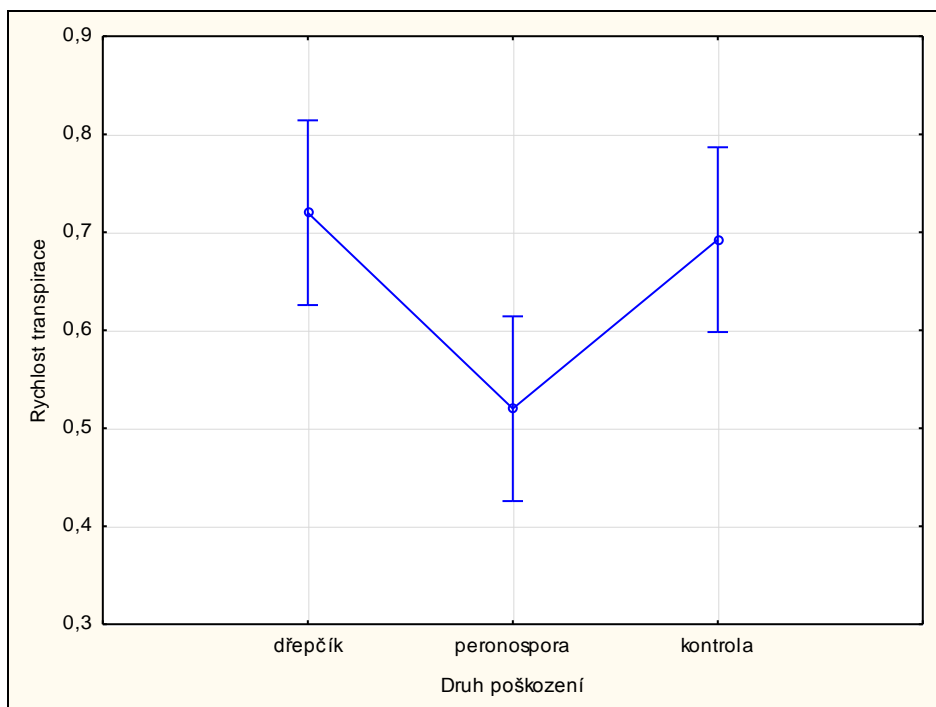


Graf č. 23: Vyhodnocení ANOVA rychlosti fotosyntézy poškozených listů (2012).

Šetřením však nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi rychlostí transpirace listů poškozených peronosporou a kontrolními listy. Byl však prokázán rozdíl v rychlosti transpirace listů poškozených dřepčíkem a peronosporou. Výsledky jsou vyjádřeny tabulkou č. 13 a grafem č. 24.

Tab. č. 13: Scheffeho test pro rychlosti transpirace poškozených listů (2012).

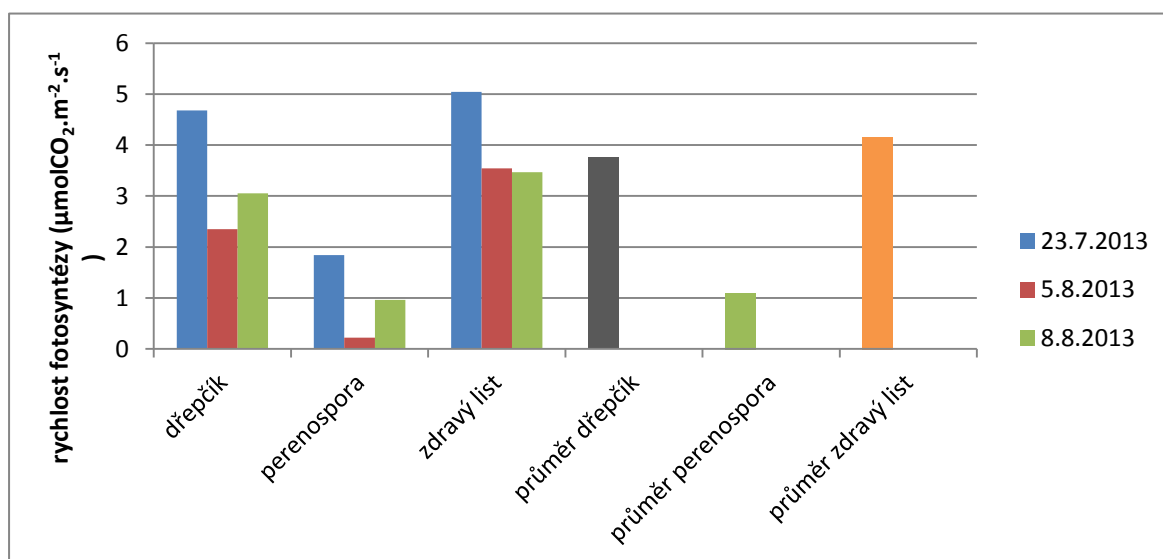
Č. buňky	Scheffeho test			
	Druh poškození	1	2	3
		,72000	,59473	,56417
1	dřepčík		0,086758	0,026145
2	kontrola	0,086758		0,855434
3	peronospora	0,026145	0,855434	



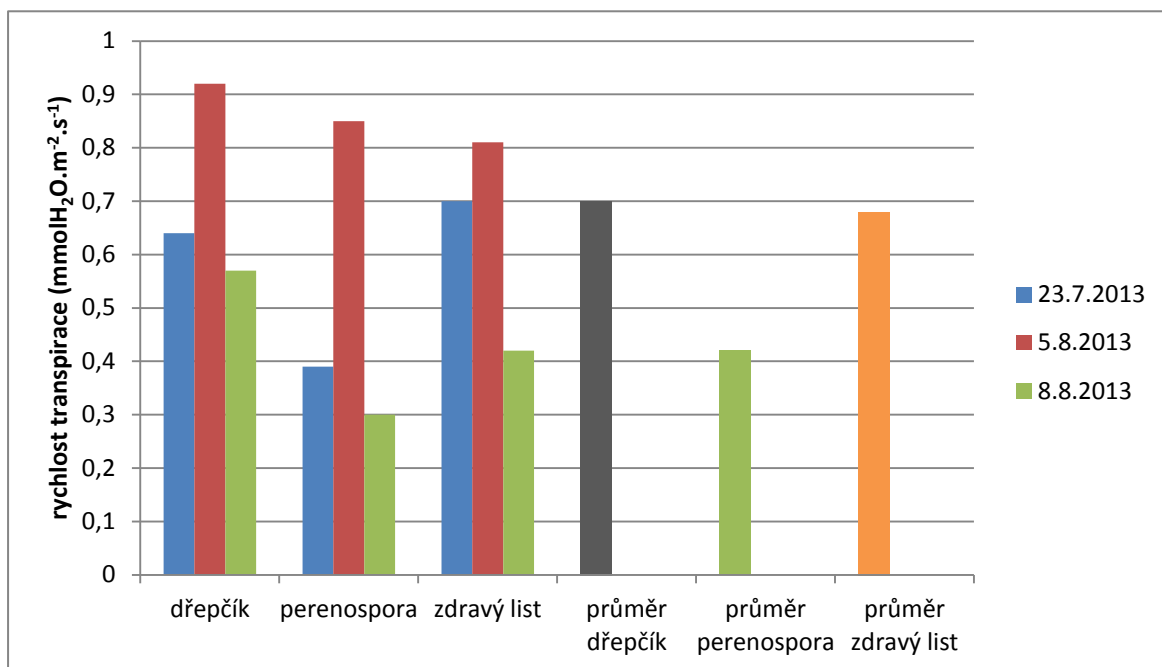
Graf č. 24: Vyhodnocení ANOVA rychlosti transpirace poškozených listů (2012).

5.3 Měření 2013

Grafy č. 25 a 26 zobrazují průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy a transpirace poškozených listů.



Graf č. 25: Porovnání rychlosti fotosyntézy (v $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) listů chmele napadených dřepčíkem chmelovým, resp. perenosporou chmelovou (2013).



Graf č. 26: Porovnání rychlosti transpirace (v $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) listů chmele napadených dřepčíkem chmelovým, resp. peronosporou chmelovou (2013).

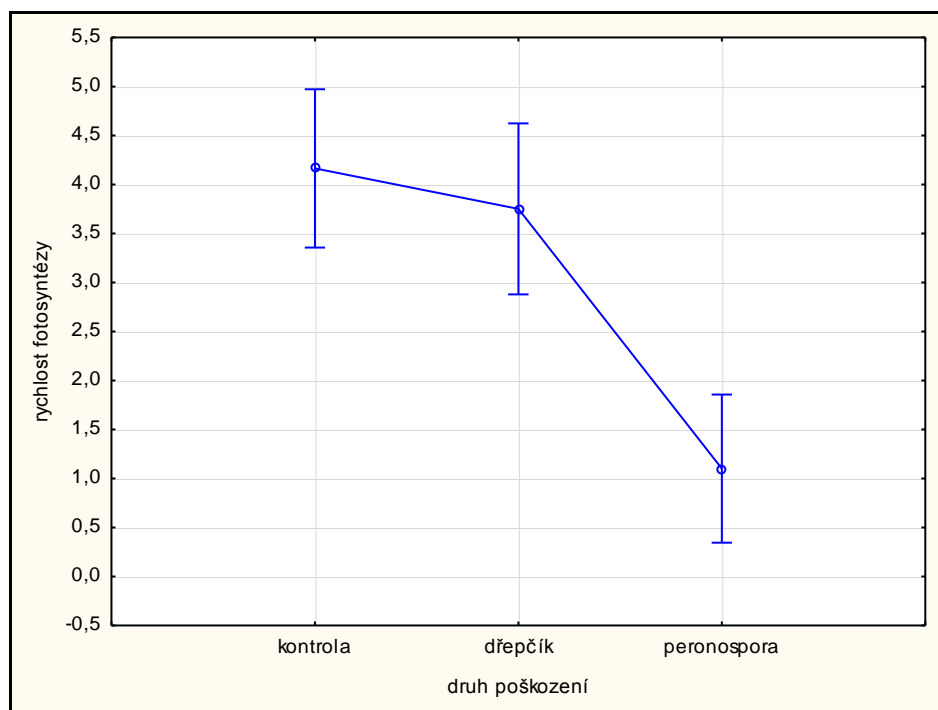
Rychlost fotosyntézy poškozených listů chmele v roce 2013 dosahovala hodnot 2,35 až 4,68 $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ u listů poškozených dřepčíkem chmelovým, 0,22 až 1,84 $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ u listů poškozených peronosporou chmelovou a 3,47 až 5,04 $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ u listů kontrolních. Průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy za rok 2013 dosáhly 3,75 $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ u listů poškozených dřepčíkem chmelovým, 1,1 $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ u listů poškozených peronosporou chmelovou a 4,16 $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ u listů zdravých.

Rychlost transpirace listů poškozených dřepčíkem chmelovým dosahovala průměrných hodnot od 0,57 $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ do 0,92 $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. U listů poškozených peronosporou chmelovou to bylo 0,30 $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ až 0,85 $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Kontrolní listy dosáhly rychlosti transpirace 0,42 $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ až 0,81 $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. V průměru za rok 2013 dosáhly hodnoty rychlosti transpirace u listů poškozených dřepčíkem chmelovým 0,7 $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, u listů poškozených peronosporou 0,42 $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a u listů zdravých 0,68 $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Statistickým šetřením bylo, stejně jako v roce 2011, prokázáno, že listy poškozené peronosporou dosahují nižších rychlostí fotosyntézy, než listy poškozené dřepčíkem i listy kontrolní. Výsledek šetření znázorňuje tabulka č. 14 a graf č. 27.

Tab. č. 14: Scheffeho test pro rychlosti fotosyntézy poškozených listů (2013).

Č. buňky	Scheffeho test			
	druh poškození	1	2	3
		4,1643	3,7517	1,1013
1	kontrola		0,769668	0,000073
2	dřepčik	0,769668		0,000572
3	peronospora	0,000073	0,000572	

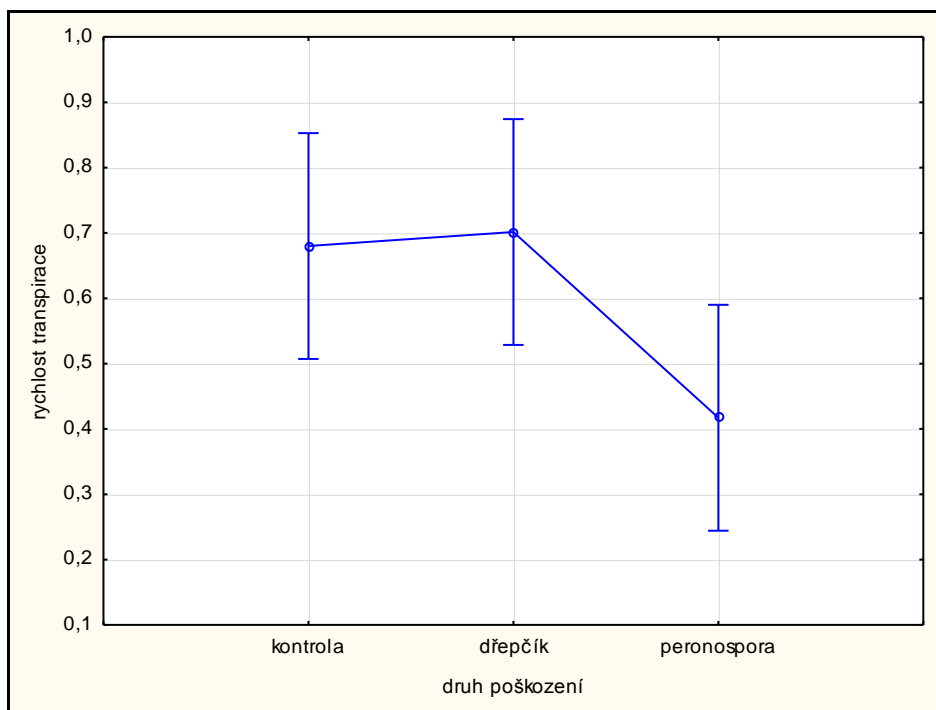


Graf č. 27: Vyhodnocení ANOVA rychlosti fotosyntézy poškozených listů (2013).

V rychlosti transpirace poškozených listů v roce 2013 nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi žádnou ze sledovaných variant. Ačkoli listy poškozené peronosporou dosahovaly nižších rychlostí transpirace, nebyl tento rozdíl statisticky významný. Výsledek šetření je vyjádřen tabulkou č. 15 a grafem č. 28.

Tab. č. 15: Scheffeho test pro rychlosti transpirace poškozených listů (2013).

Č. buňky	Scheffeho test			
	druh poškození	1	2	3
		,68000	,70143	,41714
1	kontrola		0,983194	0,105694
2	dřepčik	0,983194		0,075889
3	peronospora	0,105694	0,075889	

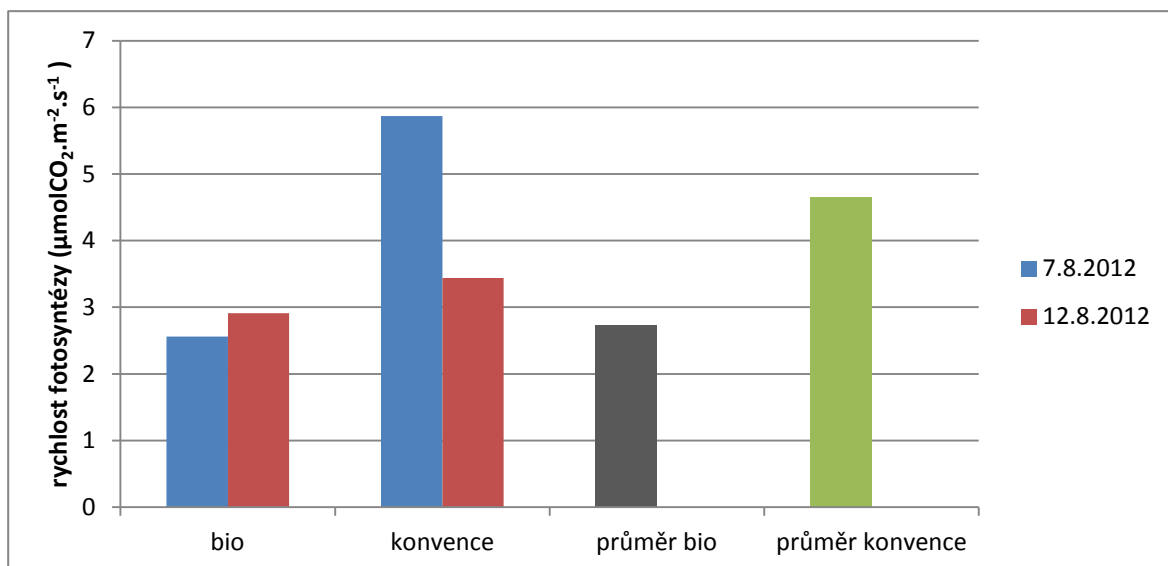


Graf č. 28: Vyhodnocení ANOVA rychlosti transpirace poškozených listů (2013).

6 Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace révových listů chmele v konvenčním a ekologickém zemědělství

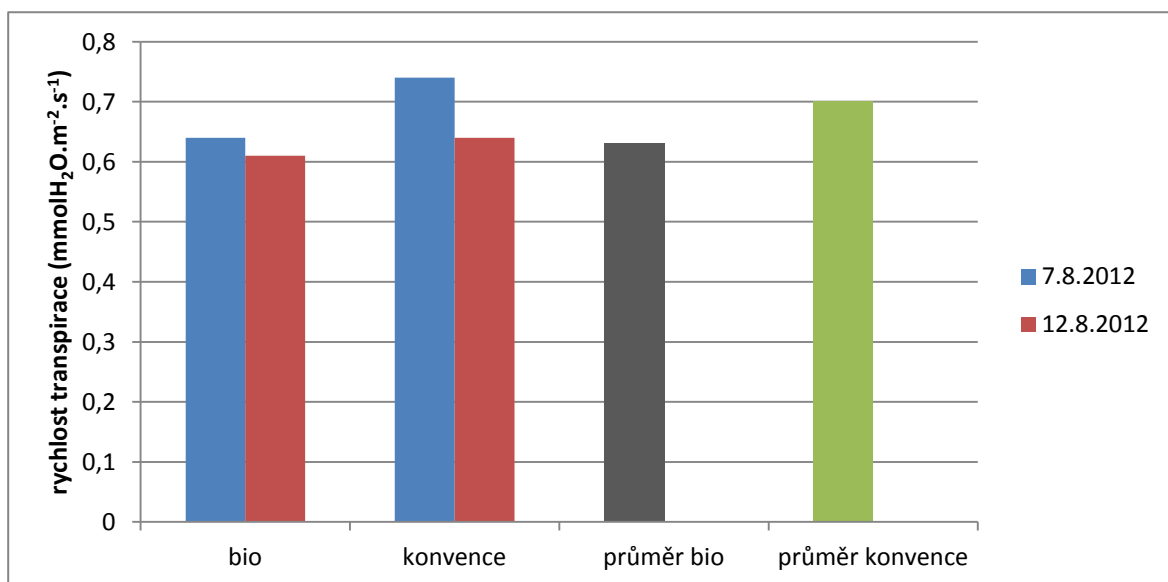
6.1 Měření 2012

Graf č. 29 znázorňuje rychlosti fotosyntézy naměřené v roce 2012 u listů chmele pěstovaném v konvenčním a ekologickém režimu. Rychlost fotosyntézy listů biochmele dosáhla v prvním dni měření hodnot od 0,93 do 3,74 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a ve druhém dni měření od 2,10 do 3,39 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Listy v konvenčním režimu dosáhly rychlosti fotosyntézy od 5,42 do 6,31 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v prvním dni měření a 2,91 - 3,96 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v druhém dni měření. V průměru za rok 2012 dosáhla rychlost fotosyntézy biochmele hodnoty 2,74 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a rychlost fotosyntézy chmele v konvenčním zemědělství 4,65 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.



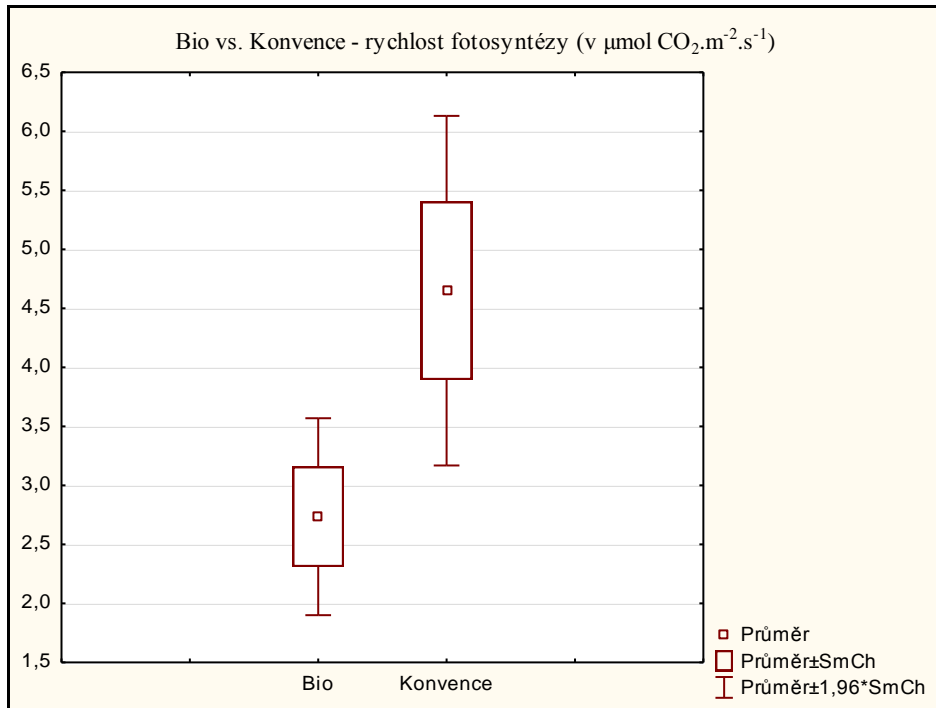
Graf č. 29: Porovnání rychlost fotosyntézy listů konvenčního a ekologického chmele (2012).

Graf č. 30 ukazuje rychlosti transpirace listů z konvenčního a ekologického zemědělství. Rychlost transpirace listů chmele v ekologickém zemědělství se pohybovala od 0,44 do 0,75 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ v prvním dni měření a od 0,56 do 0,62 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ v druhém dni měření. Rychlost transpirace listů chmele v konvenčním zemědělství se pohybovala od 0,29 do 1,00 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ v prvním dni měření a od 0,54 do 0,74 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ v druhém dni měření. Hodnoty transpirace za rok 2012 dosáhly v průměru 0,63 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ u listů biochmele a 0,70 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ u listů chmele konvenčního.

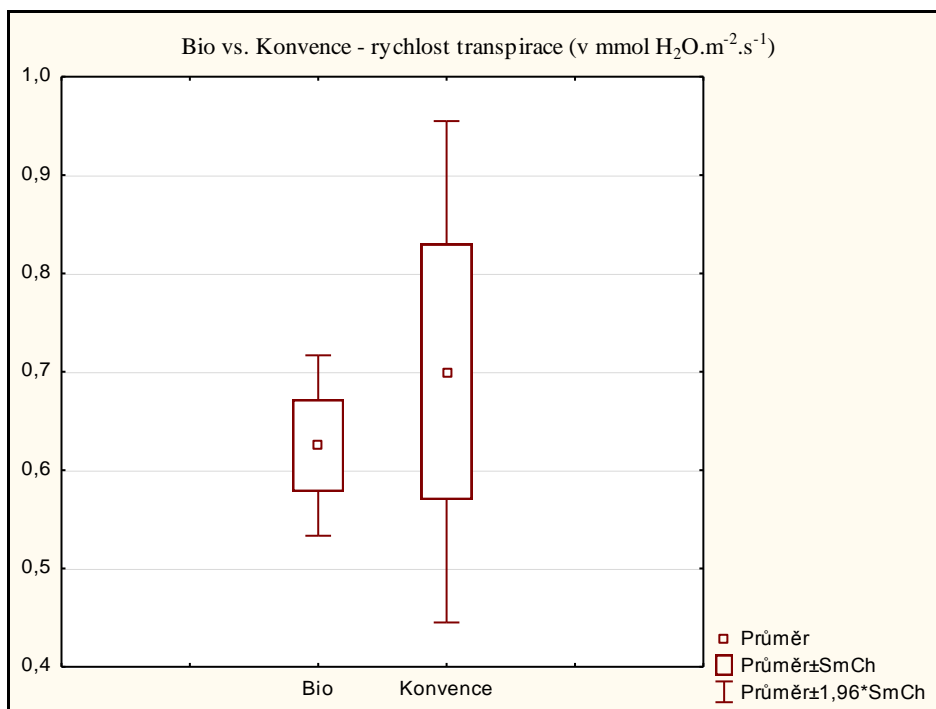


Graf č. 30: Porovnání rychlost transpirace listů konvenčního a ekologického chmele (2012).

Statistickým šetřením byl zjištěn významný rozdíl v rychlosti fotosyntézy biochmele a konvenčního chmele. K šetření byl použit dvouvýběrový t-test. Parametr $p = 0,043$. Výsledek šetření znázorňuje graf č. 31.



Graf č. 31: Stasticiké vyhodnocení rychlosti fotosyntézy listů chmele v EZ a KZ v roce 2012.

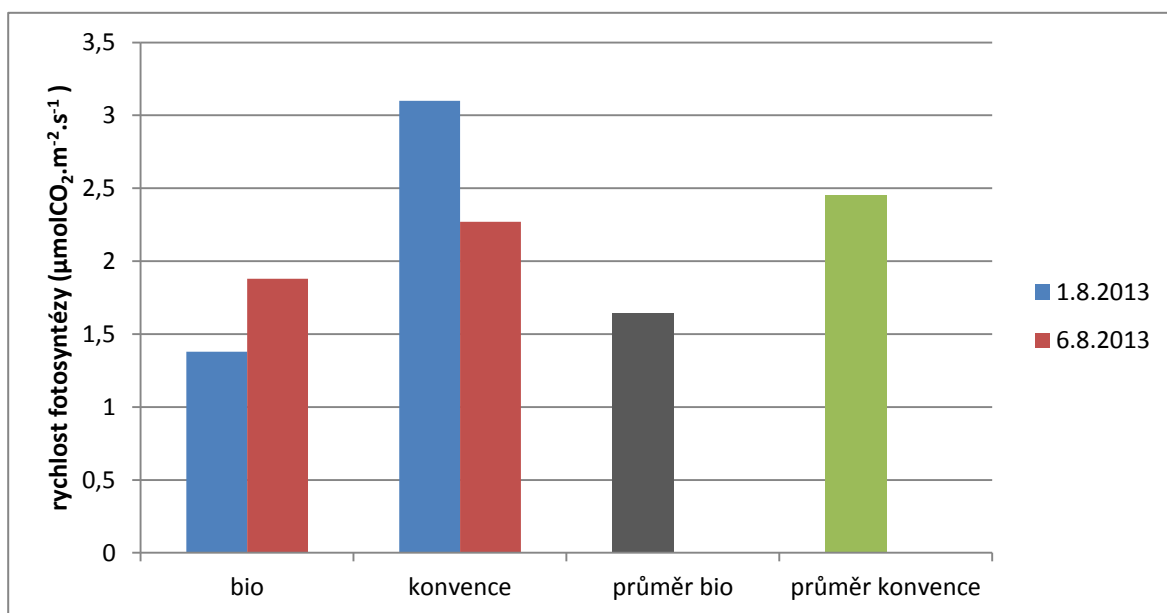


Graf č. 32: Stasticiké vyhodnocení rychlosti transpirace listů chmele v EZ a KZ v roce 2012.

V rychlosti transpirace nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi listy chmele v EZ a KZ. Parametr $p = 0,573$. Výsledek znázorněn grafem č. 32.

6.2 Měření 2013

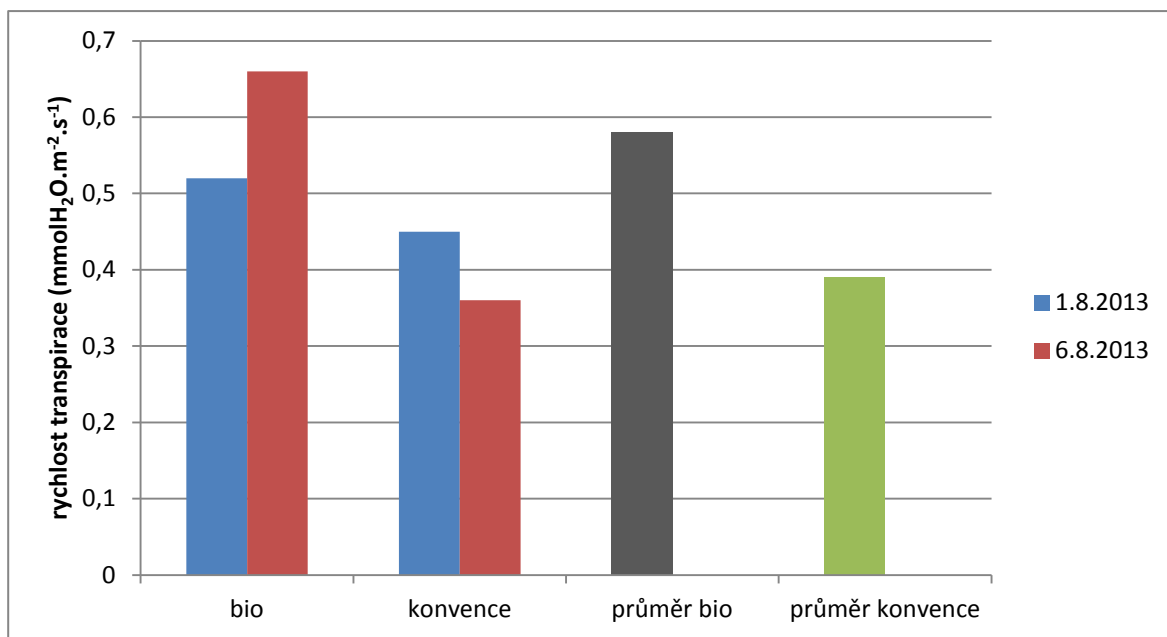
Graf č. 33 znázorňuje rychlosti fotosyntézy naměřené v roce 2013 u listů chmele pěstovaném v konvenčním a ekologickém režimu. Rychlost fotosyntézy listů biochmele dosáhla v prvním dni měření hodnot od 1,25 do 1,55 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a ve druhém dni měření od 1,64 do 2,12 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Listy v konvenčním režimu dosáhly rychlosti fotosyntézy od 2,93 do 3,26 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v prvním dni měření a 1,88 - 2,66 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v druhém dni měření. V průměru za rok 2013 dosáhla rychlost fotosyntézy biochmele hodnoty 1,64 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a rychlost fotosyntézy chmele v konvenčním zemědělství 2,6 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.



Graf č. 33: Porovnání rychlosti fotosyntézy listů konvenčního a ekologického chmele (2013).

Graf č. 34 znázorňuje rychlosti transpirace listů v EZ a KZ při měřeních v 2013. Rychlost transpirace listů v EZ se pohybovala od 0,43 do 0,45 $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v prvním dni měření a od 0,65 do 0,67 $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ v druhém dni měření. Rychlost transpirace

listů v KZ se pohybovala od 0,36 do 0,45 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ v prvním dni měření a od 0,32 do 0,43 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ v druhém dni měření. Průměrné hodnoty za rok 2013 dosáhly 0,58 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ u listů chmele v EZ a 0,39 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹ u listů chmele v KZ.



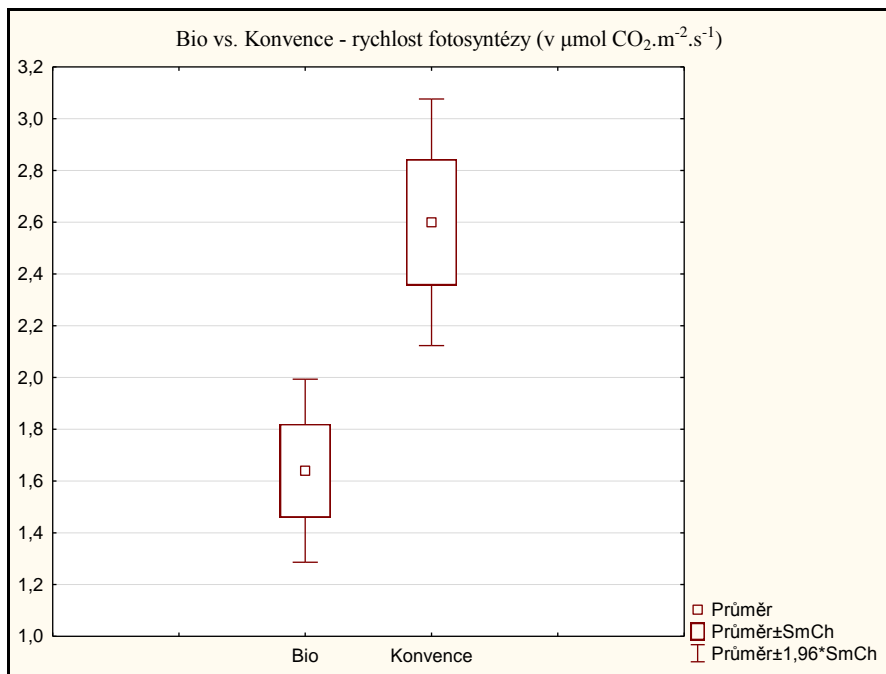
Graf č. 34: Porovnání rychlost transpirace listů konvenčního a ekologického chmele (2013).

Statistickým šetřením se prokázal rozdíl v rychlost fotosyntézy listů biochmele a konvenčního chmele. Hodnota parametru $p = 0,019$. Výsledek znázorňuje graf č. 35.

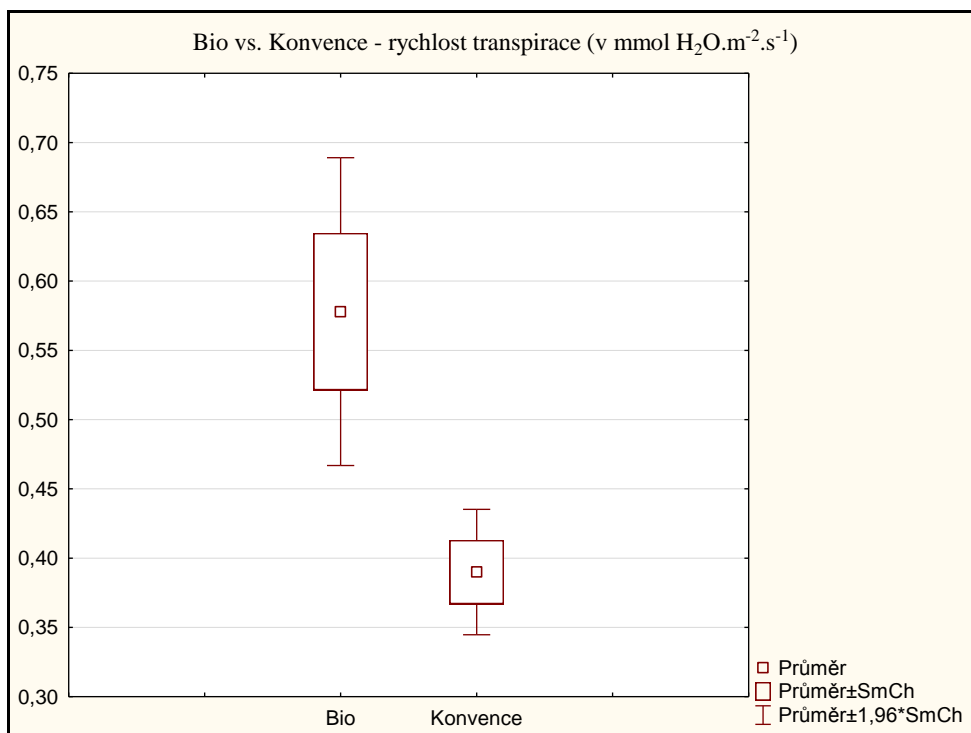
Dále byl prokázán statisticky významný rozdíl v rychlosti transpirace listů chmele v EZ a KZ. Hodnota parametru $p = 0,009$. Výsledek je vyjádřen grafem č. 36.



Obr. č. 6: Testovaný list chmele pěstovaného v režimu ekologického zemědělství (osobní archiv).



Graf č. 35: Stasticiké vyhodnocení rychlosti fotosyntézy listů chmele v EZ a KZ v roce 2013.



Graf č. 36: Stasticiké vyhodnocení rychlosti transpirace listů chmele v EZ a KZ v roce 2013.

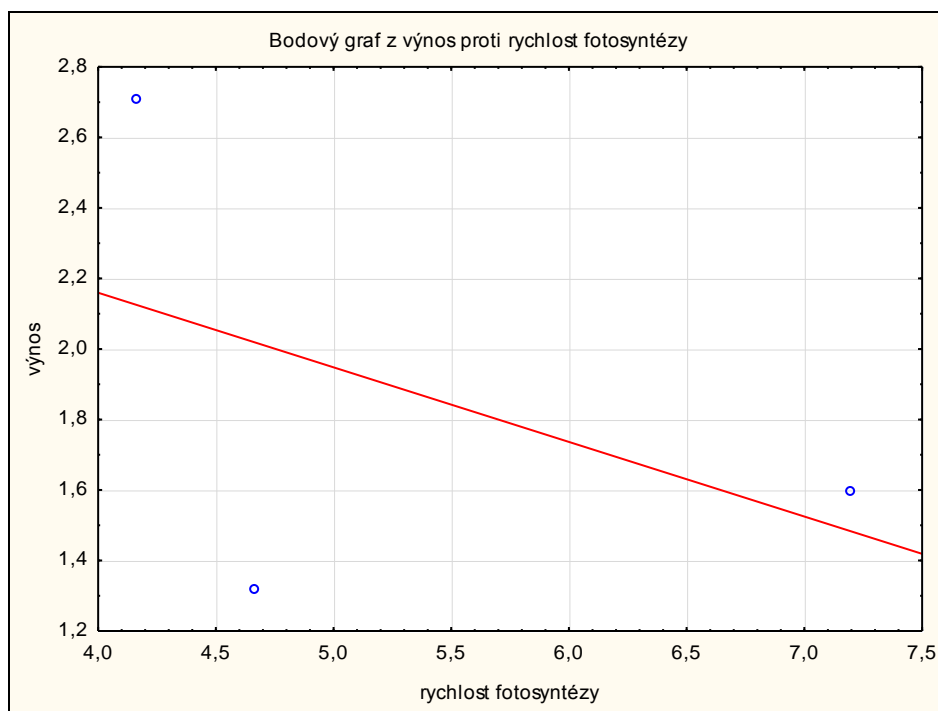
7 Porovnání rychlosti fotosyntézy s výnosy chmele a KH (%)

7.1 Porovnání odrůdy Agnus v letech 2011 - 2013

V roce 2011 byla na pokusné chmelnici Zimmermann 6 Účelového hospodářství Stekník naměřena průměrná hodnota rychlosti fotosyntézy (A) $7,2 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Výnos byl $1,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a KH (konduktometrická hodnota = obsah α -hořkých kyselin) 10,69 %. V roce 2012 dosáhla průměrná rychlost fotosyntézy $4,66 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, výnos $1,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a KH 12,42 %. V roce 2013 byla naměřena průměrná rychlost fotosyntézy $4,16 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, výnos dosáhl $2,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a KH byla 10,89 %. Hodnoty jsou vyjádřeny tabulkou č. 16. Graf č. 37 a tabulka č. 17 znázorňují statistické vyhodnocení srovnání rychlosti fotosyntézy v jednotlivých ročnících s výnosy chmele.

Tab. č. 16: Hodnoty rychlosti fotosyntézy, výnosu a KH v letech 2011 - 2013.

	A ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	výnos ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	KH (%)
2011	7,19	1,6	10,69
2012	4,66	1,32	12,42
2013	4,16	2,71	10,89



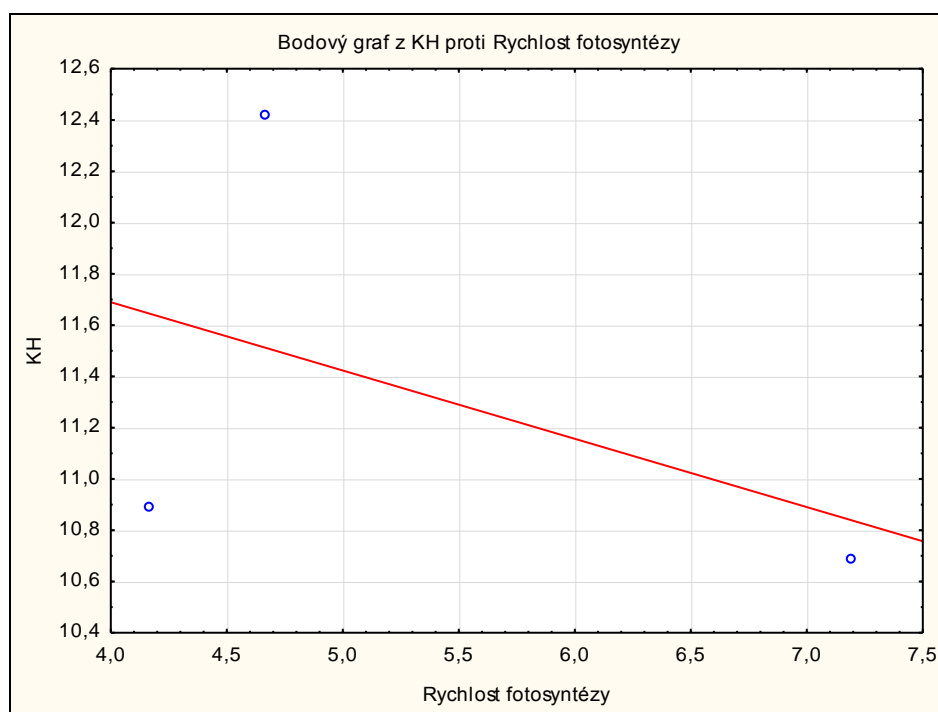
Graf č. 37: Regresní přímka závislosti mezi výnosem ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a rychlostí fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

Tab. č. 17: Statistické vyhodnocení závislosti mezi rychlostí fotosyntézy a výnosem.

Statist.	Statistické shrnutí
	Hodnota
Vícenás. R	0,467541328
Vícenás. R2	0,218594894
Upravené R2	-0,562810213
F(1,1)	0,279745924
p	0,690279782
Sm. chyba odhadu	0,919018353

Z výsledků šetření vyplývá, že mezi rychlostí fotosyntézy a výnosem není statistická souvislost, neboť je parametr p větší než hladina významnosti 0,05.

Vztah mezi rychlostí fotosyntézy a KH (%) je vyjádřen obdobně grafem č. 38 a tabulkou č. 18.



Graf č. 38: Regresní přímka závislosti mezi KH (%) a rychlostí fotosyntézy ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$).

Tabulka č. 18: Statistické vyhodnocení mezi KH (%) a rychlostí fotosyntézy.

Statist.	Statistické shrnutí
	Hodnota
Vícenás. R	0,457288608
Vícenás. R2	0,209112871
Upravené R2	-0,581774258
F(1,1)	0,264402926
p	0,697641313
Sm. chyba odhadu	1,19024777

Statistickým šetřením bylo zjištěno, že ani mezi obsahem α -hořkých kyselin a rychlostí fotosyntézy neexistuje závislost, neboť je parametr p větší než hladina významnosti 0,05.

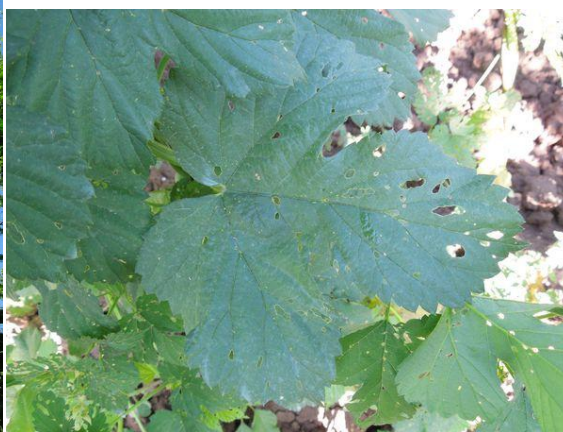
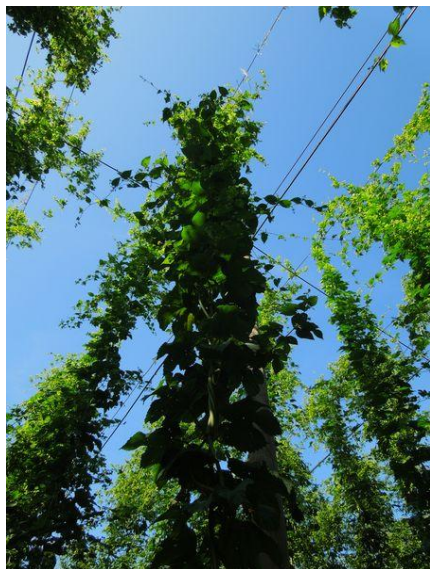
7.2 Porovnání odrůdy Premiant v EZ a KZ v letech 2012 a 2013

V roce 2012 byla na pokusných chmelnicích Globus a K Hradišti Účelového hospodářství Stekník naměřena průměrná hodnota rychlosti fotosyntézy (A) 2,74 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (2012), respektive 1,64 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (2013) u biochmele a 4,65 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (2012), respektive 2,6 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (2013) u konvenčního chmele. Výnos dosáhl 1,38 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s KH 8,31 % u biochmele v roce 2012 a 1,57 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s KH 6 % v roce 2013. Konvenční chmel dosáhl výnosu 2,59 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s KH 7,59 % v roce 2012 a 2,67 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s KH 7,05 % v roce 2013. Hodnoty jsou vyjádřeny tabulkou č. 19.

Tab. č. 19: Hodnoty rychlosti fotosyntézy, výnosu a KH v letech 2012 - 2013 u chmele v EZ a KZ.

Biochmel			
	A ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	výnos ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	KH (%)
2012	2,74	1,38	8,31
2013	1,64	1,57	6,00
Konvenční chmel			
	A ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	výnos ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	KH (%)
2012	4,65	2,59	7,99
2013	2,60	2,67	7,05

Data z dvou let měření jsou prozatím nedostatečná pro statistické vyhodnocení. Je však vidět nepoměr mezi rychlostí fotosyntézy a výnosem v jednotlivých letech u obou variant. Naopak je zřetelná shoda v porovnání obou variant v témže roce. Nižší rychlost fotosyntézy u biochmele vedla v obou letech měření k nižšímu výnosu, než u chmele konvenčního, který vykazoval rychlost fotosyntézy vyšší. Pro přesnější vyhodnocení je ale třeba provést další měření v následujících letech.



Obr. č. 7: Rostlina chmele odrůdy Premiant v KZ (osobní archiv).

Obr. č. 8: List odrůdy Premiant před měřením (osobní archiv).



Obr. č. 9: Chlorotické listy biochmele (osobní archiv).

Obr. č. 10: Dozrávající hlávky chmele odrůdy Sládek (osobní archiv).

DISKUZE

Hodnoty naměřené v pokusu, kdy byly porovnávány rychlosti fotosyntézy a transpirace pazochoových listů, jsou v souladu s údaji Kafky (ve Hniličková, Hnilička, 2008), který ve své diplomové práci uvádí, že pazochové listy mají vyšší fotosyntetickou kapacitu, než listy révové. V našich pokusech dosáhly pazochové listy v letech 2011 až 2013 rychlosti fotosyntézy na úrovni 120 % (2011), 140 % (2012) a 184 % (2013) oproti rychlosti fotosyntézy listů révových. Vyšší fotosyntetická aktivita pazochoových listů je dána vyšším obsahem fotosynteticky aktivních barviv, nižší mírou poškození listů chorobami a škůdci v červenci a na začátku srpna, především peronosporou a dřepčíkem. Důvodem je pravděpodobně fakt, že pazochové listy jsou mladší a nacházejí se ve vyšších patrech rostliny, kam se například dřepčík nedostává. Při měření rychlosti fotosyntézy během sklizně, tj. na konci srpna a v září, by pravděpodobně i pazochové listy vykazovaly nižší rychlost fotosyntézy, neboť by též byly v jisté míře napadeny peronosporou, ale také díky tomu, že rostlina od dozrání do technické zralosti postupně snižuje asimilaci (Pokorný, 2011). Dále usuzujeme, že pazochové listy jsou lépe zásobovány rostlinou vodou a živinami, jelikož jsou to právě mladé listy a listy vyšších pater rostliny, které zajišťují svoji produkční schopností celkový výnos rostliny v druhé polovině vegetace.

Nízko uložené révové listy během butonizace, kvetení a dozrání ztrácí svůj původní význam, kterým je nejvyšší produktivita ve fázích dlouhivého růstu rostlin. Jak uvádí Pokorný a kol. (2013), průměrná rychlost fotosyntézy se v letech 2007 - 2009 pohybovala mezi $5,61 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ a $7,82 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. V roce 2007 měřil Pokorný a kol. (2010) rychlost fotosyntézy v pěti termínech u několika odrůd, včetně odrůdy Agnus. Tehdy naměřili průměrnou rychlost fotosyntézy $5,43 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Během našich pokusů v letech 2011 - 2013 dosáhla rychlost fotosyntézy $4,16 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ až $7,19 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, tedy mírně nižších hodnot. V průběhu pokusů se ukázalo, že každý rok je jedinečný a nelze všeobecně predikovat úroveň výnosu pomocí úrovně fotosyntézy. Například v roce 2011, kdy se fotosyntéza pohybovala nad hranicí $7 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ byl výnos testované vysokoobsažné odrůdy Agnus $1,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Oproti tomu v roce 2013, kdy byla fotosyntéza z pokusných let nejnižší ($4,16 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) dosáhl nejvyššího výnosu $2,71 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. V obsahu KH také nebyl mezi těmito lety průkazný rozdíl. Je tedy zřejmé, že na výnos mají mnohem větší vliv jiné faktory, než je rychlost fotosyntézy měřená v několika úsecích vegetace. Pro vypracování objektivnějších závěrů

by bylo nezbytné velmi podrobné měření fotosyntézy a to především v rozhodujících obdobích pro růst chmele a tvorbu hlávek. V roce 2013, kdy byl zaznamenán nejvyšší výnos ze sledovaných let, byla v oblasti v druhé polovině července a první dekádě srpna nadprůměrně vysoká teplota, ale podprůměrně srážkově bohatý červenec a nadprůměrně srážkově bohatý srpen. Srážky navíc byly v obou měsících nerovnoměrně rozloženy. Tento fakt ale není určující, neboť pokusné chmelnice jsou zavlažovány uměle. Naopak v roce 2011, kdy byl úhrn srážek v červenci i v srpnu nadprůměrný, byly ve druhé polovině července velmi podprůměrné teploty s vysokými výkyvy a v první polovině srpna teploty podprůměrné. To se odrazilo v nízkém výnosu, kterého tehdy porost dosáhl. Je tak potvrzeno tvrzení Krofty a kol. (2010) a Pokorného (2011), že významnou roli při tvorbě výnosu hraje dostatečně vysoká a také vyrovnaná teplota. Jak dále Krofta a kol. (2010) uvádí, dlouhotrvající vysoké teploty v červenci a srpnu mají negativní vliv na obsah α -hořkých kyselin. Toto tvrzení se taktéž potvrdilo, neboť v roce 2013, kdy byl červenec a srpen teplotně nadprůměrný s několikedenními intervaly velmi vysokých teplot, byla KH nižší, než v roce 2012, kdy byly teploty průměrné a vyrovnané v průběhu sledovaného období.

Rychlost transpirace pazochových listů ve sledovaných letech významně nelišila od rychlosti transpirace listů révových. V roce 2011 vykazovaly pazochové listy rychlost transpirace na úrovni 104 % révových listů, v roce 2012 108 % a v roce 2013 119 % rychlosti transpirace révových listů. Vyšší rychlost transpirace je pravděpodobně dána rychlejším metabolismem pazochových listů. Pokorný (2011) ve své disertační práci uvádí hodnoty měření rychlosti transpirace různých odrůd v letech 2007 – 2009. Průměrné rychlosti transpirace dosáhly v těchto letech 1,17, resp. 1,12 a 1,08 $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Dále uvádí, že výsledky korespondují s průběhem povětrnostních a vegetačních podmínek daného ročníku. V našich měřeních v letech 2011 – 2013 dosáhly rostliny rychlosti transpirace 1,27, respektive 0,85 a 0,69 $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Je tedy vidět vysoká variabilita rychlosti transpirace v závislosti na průběhu počasí. V roce 2011 byl červenec a srpen srážkově nadprůměrný, v roce 2012 byl červenec silně srážkově nadprůměrný a srpen silně podprůměrný, v roce 2013 byl červenec podprůměrný a srpen nadprůměrný. Lze usuzovat, že vysoká transpirace v roce 2011 je způsobena nadbytkem vody, kterou rostlina využívala a nemusela s ní šetrně hospodařit. Naopak v roce 2013 mohla být nízká úroveň transpirace způsobena srážkami v období několika dní před měřením po delším období sucha v polovině července z důvodu potřeby vody pro zvýšení úrovně asimilačních procesů.

Hniličková, Hnilička (2008) stanovili jako maximální kapacitu fotosyntézy pro odrůdu Agnus průměrnou rychlost $11,43 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Při našich měřeních však byla této rychlosti dosáhováno jen vyjimečně v určitých okamžicích měření.

Poškozené listy vykazovaly v období pokusů různé odchylky od kontrolních listů. Listy poškozené dřepčikem chmelovým vykazovaly v rychlosti fotosyntézy statisticky nevýznamnou odchylku od kontrolních listů. V letech 2011 a 2012 vykazovaly shodně 93 % rychlosti fotosyntézy oproti kontrole, v roce 2013 90 % rychlosti fotosyntézy kontrolních listů. Nižší rychlost fotosyntézy o 7 - 10 % koreluje s menší asimilační plochou způsobenou dírkováním dřepčika, jímž napadané listy byly poškozeny právě z 5 - 15 %. Rozdíl ve fotosyntéze nepoškozených částí listu je tak nepatrný. Listy napadené peronosporou v rozsahu 40 - 50 % vykazovaly rychlost fotosyntézy na úrovni 48 % oproti kontrole v roce 2011, 51 % v roce 2012 a 26 % v roce 2013. Je patrné, že fotosyntetická aktivita takto poškozených listů je výrazně redukována a při výraznějším rozšíření do porostu může způsobit značné ztráty výnosu i kvality.

Transpirace listů poškozených dřepčikem chmelovým vykazovala v roce 2011 98 %, v roce 2012 104 % a v roce 2013 103 % rychlosti transpirace kontrolních listů. Není zde tedy patrný jakýkoliv statistický rozdíl. Stejná rychlost transpirace vydírkovaných listů oproti kontrole je dána poškozením pletiv, kterým listy ztrácí vodu mimo stomatální transpiraci. Transpirace listů poškozených peronosporou chmelovou již vykazovala rozdíly větší. V roce 2011 dosáhla rychlost transpirace těchto listů 97 % rychlosti transpirace kontrolních listů, v roce 2012 75 % a v roce 2013 62 % oproti kontrole. Je tedy zřejmé, že peronosporou poškozené listy, respektive poškozená pletiva, netranspirují nebo transpirují ve velmi omezené míře v závislosti na úrovni poškození. Zjištěný podíl poklesu transpirace oproti kontrole v letech 2012 a 2013 tak koreluje s průměrným poškozením listů peronosporou (40 - 50 %).

Míra poškození peronosporou a dřepčikem ve sledovaných letech kolísala jen nepatrně, proto nelze předpokládat významný vliv na výnos nebo KH.

Srovnání fotosyntetické a transpirační aktivity rostlin v ekologickém a konvenčním zemědělství potvrdilo očekávané výsledky. Rychlost fotosyntézy rostlin v EZ dosáhla v roce 2012 úrovně 59 % rostlin v KZ, v roce 2013 67 %. Nižší rychlost fotosyntézy v průběhu vegetace se odrazila i v nižších výnosech, kterých porost dosáhl. V roce 2012 dosáhl výnos ve srovnatelné lokalitě jen 53 % oproti konvenčnímu Premiantu, v roce 2013

59 %. Z toho vztahu je zřejmé, že rychlost fotosyntézy (ač ovlivněná mnoha vnějšími faktory) v důsledku vedla ke značnému snížení výnosů. V době měření byly rostliny v EZ mírně chlorotické (viz obr. č. 6 a 9), což je patrně způsobeno deficitem dusíku či hořčíku. Na druhou stranu nejsou ekologické produkční plochy zaměřeny na poskytování vysokých výnosů. I výnosy, kterých dosáhl biochmel, jsou uspokojivé. Kvalitativně, tedy co do obsahu α -hořkých kyselin, nebyl pozorován významný rozdíl. V roce 2012 byla KH nepatrně vyšší u biochmele, naopak v roce 2013 u konvenčního chmele. Přímá souvislost mezi rychlostí fotosyntézy a výnosem ve vertikálním pojetí času zjištěna nebyla. I když byla rychlost fotosyntézy v roce 2013 nižší oproti roku 2012, dosáhly obě sledované varianty vyšších výnosů, než v roce předchozím. Naopak se závislost projevila v daném ročníku, jak je již procentuálně popsáno výše.

Porovnání naměřených údajů s obdobnými výsledky jiných autorů je složité, u chmele jsme tyto údaje v literatuře nenalezli, neboť se podobným výzkumem doposud nikdo jiný nezabýval. Jsou však srovnatelné s obecně platnými poznatky uváděnými např. Procházkou a kol. (1998), Kroftou a kol. (2010) nebo Pokorným (2011).

Hypotéza č. 1 této práce z dosavadních měření potvrzena nebyla. Dílčím měřením fotosyntézy nelze kvantifikovat produkční schopnost rostliny. V pokusech dosáhly porosty vyšších výnosů i v letech, kdy byla průměrná rychlost fotosyntézy nižší, než v letech, kdy rostliny fotosyntetizovaly více. Tato závislost je silně ovlivněna ročníkem a průběhem počasí. Byla však zjištěna závislost rychlosti fotosyntézy na výnosu při porovnávání různých porostů ve stejném ročníku. Nelze ale dle rychlosti fotosyntézy jakkoliv předpovídat hodnotu výnosu.

Hypotéza č. 2 je potvrzena vzhledem k peronospoře. Listy poškozené peronosporou chmelovou vykazují prokazatelně nižší rychlost fotosyntézy než listy zdravé. Nelze však predikovat nástup choroby pomocí měření fotosyntézy v předstihu, jelikož se snížení rychlosti fotosyntézy projeví až po rozvoji choroby. Teoreticky lze pomocí měření rychlosti fotosyntézy odhadnout deficit některých živin, jejichž nedostatek se výrazněji projeví na fotosyntéze jednotlivých listů. To je však jen orientační a lze to provést i vizuálně zaznamenáním změny barvy nebo jednodušším použitím chlorofylmetru.

ZÁVĚR

- Pěstování chmele v ekologickém zemědělství bude perspektivní v případě dostatečné poptávky po ekologickém chmelu.
- Ochrana chmele v ekologickém režimu je zpracována, ale neustále probíhá další vývoj.
- Je nutné zajistit dostatečný zdroj organických hnojiv z ekologické produkce.
- Vhodné je využití podsevů v meziřadích chmelnic, které rozšiřují biodiverzitu porostu, dodávají organickou hmotu do půdy – zelené hnojení, snižují erozi na svažitých pozemcích chmelnic a udržují příznivý vodní režim na stanovišti.
- Rychlost fotosyntézy pazochových listů chmele je průkazně vyšší než rychlost fotosyntézy révových listů chmele.
- Hodnoty rychlosti fotosyntézy listů napadených dřepčikem chmelovým se významně neliší od hodnot naměřených u kontrolních listů chmele.
- Hodnoty rychlosti fotosyntézy listů napadených peronosporou chmelovou se velmi významně liší s hodnotami naměřenými u kontrolních listů chmele.
- I listy výrazně poškozené peronosporou chmelovou jsou fotosynteticky aktivní.
- Rychlost fotosyntézy chmele v EZ je významně nižší než rychlost fotosyntézy chmele v KZ
- Vztah mezi rychlostí fotosyntézy v EZ a KZ je v přímé úměrnosti s výnosem
- Dílčími měřeními rychlosti fotosyntézy nelze kvantifikovat produkční schopnost rostliny
- Lze pomocí rychlosti fotosyntézy porovnávat výkonnost různých porostů v rámci ročníku
- Nelze pomocí měření rychlosti fotosyntézy predikovat nástup choroby před jejím rozvojem

SEZNAM LITERATURY

- 1) Álvarez, S., Navarro, A., Nicolás, E., Jesús Sánchez-Blanco, M. 2011. Transpiration, photosynthetic responses, tissue water relations and dry mass partitioning in *Callistemon* plants during drought conditions. *Scientia Horticulturae*, 129, 306 – 312.
- 2) Anonym 2011a. Chmelařství v České republice. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo – srpen 2011. Ministerstvo zemědělství, Praha, 67 s.
- 3) Anonym 2011b. Náklady a výnosy vybraných rostlinných a živočišných výrobků [online]. [cit. 18. 3. 2014]. Dostupné z <http://www.uzei.cz/data/usr_001_cz_soubory/2011.pdf>.
- 4) Anonym 2013a. Vybrané ukazatele zemědělství v České republice [online]. [cit. 18. 3. 2014]. ČSÚ. Dostupné z <http://www.czso.cz/cz/cr_1989_ts/0901.pdf>.
- 5) Anonym 2013b. Pivovarství v české republice. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo – 12/2013. Ministerstvo zemědělství, Praha, 64 s.
- 6) Anonym 2014a. Situační a výhledová zpráva - chmel, pivo - prosinec 2013. MZe ČR, Praha, 66 s.
- 7) Anonym 2014b. Registr přípravků na ochranu rostlin [online]. [cit. 19. 3. 2014]. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx>>.
- 8) Anonym 2014c. Peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*) [online]. [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z <<http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=170&sub=65&back=1>>.
- 9) Anonym 2014d. Fusarióza [online]. [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z <<http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=172&sub=65&back=1>>.
- 10) Anonym 2014e. Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae* Koch.) [online]. [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z <<http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=95&sub=65&back=1>>.
- 11) Anonym 2014f. Mšice chmelová (*Phorodon humuli*) [online]. [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z <<http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=94&sub=65&back=1>>.
- 12) Anonym 2014g. Dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuatus* Koch.) [online]. [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z <<http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=164&sub=65&back=1>>.
- 13) Anonym 2014h. Polyversum [online]. [cit. 19. 3. 2014]. Dostupné

z <<http://www.biopreparaty.eu>>.

- 14) Anonym 2014i. Spotřeba přípravků na ochranu rostlin [online]. [cit. 12. 2. 2014]. Dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/srs/portal/pripravky-na-or/spotreba-pripravku-na-or/spotreba-v-jednotlivych-letech/>>.
- 15) Barborka, V. 2013. Sklizňová plocha chmele ČR - podle odrůd [online]. 3. 5. 2011. [cit. 18. 3. 2014]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/227410/Skliznove_plochy_k_30._4._2013.pdf>.
- 16) Berninger, F. 1994. Simulated irradiance and temperature estimates as a possible source of bias in the simulation of photosynthesis. *Agricultural and Forest Meteorology*, 71, 19 – 32.
- 17) Bureš, V., Srp, A. a kol. 1980. Výživa a hnojení chmele. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 31.
- 18) D'Ambrosio, N., Arena, C., Virzo de Santo, A. 2006. Temperature response of photosynthesis, excitation energy dissipation and alternative electron sinks to carbon assimilation in *Beta vulgaris* L. *Environmental and Experimental Botany*, 55, 248 – 257.
- 19) Epron, D. 1997. The temperature dependence of photoinhibition in leaves of *Phaseolus vulgaris* (L.) Influence of CO₂ and O₂ concentrations. *Plant Science*, 124, 1 – 8.
- 20) Fleisher, D. H., Timlin, D. J., Reddy, V. R. 2008. Elevated carbon dioxide and water stress effects on potato canopy gas exchange, water use, and productivity. *Agricultural and forest meteorology*, 148, 1109 – 1122.
- 21) Hniličková, H., Hnilička, F. 2008. Stanovení saturační ozářenosti a fotosyntetické kapacity vybraných odrůd chmele. *Chmelařství*, 1–2, str. 1 – 4.
- 22) Changhai, S., Baodi, D., Yunzhou, Q., Yuxin, L., Lei, S., Mengyu, L., Haipei, L. 2010. Physiological regulation of high transpiration efficiency in winter wheat under drought conditions. *Plant, Soil and Environment*, 56, 340 – 347.
- 23) Ježek, J., Vostřel, J., Klapal, I. 2012. Základní informace k pěstování chmele v ekologickém zemědělství. Sborník Výživa a minimalizace pěstování chmele (Únor 2012), Chmelařský institut s.r.o., 123 – 128.
- 24) Kang, Y., Khan, S., Ma, X. 2009. Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security – A review. *Progress in Natural Science*, 19, 1665 – 1674.

- 25) Keenan, T., Sabate, S., Gracia, C., 2010. Soil water stress and coupled photosynthesis–conductance models: Bridging the gap between conflicting reports on the relative roles of stomatal, mesophyll conductance and biochemical limitations to photosynthesis. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 443 – 453.
- 26) Kopecký, J. 1991. Vliv kapkové závlahy na výnos a kvalitu chmelových hlávek. *Rostlinná výroba* 37.
- 27) Kopecký, J. 1997. Zvláštnosti pěstitelské technologie odrůd hybridního původu. *Chmelařství*, s. 13 – 16.
- 28) Krofta, K., Brynda, M., Nesvadba, V. 2010. Rajonizace českých odrůd chmele. *Metodika pro praxi – Chmelařský institut Žatec*.
- 29) Krofta, K., Kudrna, T., Ježek, J., Pokorný, J., Pulkrábek, J. 2011. Vliv aplikace měďnatých fungicidů na rychlost fotosyntézy a obsah elementární mědi ve chmelu. *Český chmel*, 2011, 8 – 14.
- 30) Kumar, A., Singh, D. P., Singh, P. 1994. Influence of water stress on photosynthesis, transpiration, water use efficiency and yield of *Brassica juncea* L.. *Field Crops Research*, 37, 95 – 101.
- 31) Linke, W., Rebl, A. 1950. *Der Hopfen*. Burnberg.
- 32) Miyashita, K., Tanakamaru, S., Maitani, T., Kimura, K. 2005. Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 53, 205 – 214.
- 33) Mikkelsen, C., Schlüter, M. 2009. Nové nařízení EU o biopotravinách a ekologickém zemědělství : (ES) č. 834/2007 : pozadí, zhodnocení, interpretace. *Bioinstitut, Olomouc*, 70 s.
- 34) Mikyška, A., Jurková, M. 2011. Hodnocení obsahu α - a β -hořkých kyselin českých a moravských chmelů ze sklizně 2012. *Kvasný průmysl*, 59/2013 (4), 92 – 99.
- 35) Mohl, A. 1924. *Chmelařství I. a II.*. Praha.
- 36) Nařízení Rady (ES) č 834/2007 ze dne 28. června 2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení (EHS) č. 2092/91 [online] [cit. 14. 3. 2014]. Dostupné z <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:189:0001:0023:CS:PDF>
- 37) Novák, V., Hurtalová, T., Matejka, F. 2005. Predicting the effects of soil water content and soil water potential on transpiration of maize. *Agricultural Water Management*, 76, 211 – 223.

- 38) Pavela, R. Účinnost přípravků na bázi oleje ze semen *Pongamia glabra* Vent. na housenky *Plutella xylostella* L. [online]. 25. 11. 2010. Biologická ochrana a indukovaná rezistence rostlin k chorobám a škůdcům [cit. 10. 3. 2014]. Dostupné z <<http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-7427-048-2.pdf>>.
- 39) Pavela, R. 2011. Botanické pesticidy. Kurent, s.r.o., České Budějovice, 128 s.
- 40) Pejml, K. 1971. Příspěvek ke studiu vlivu počasí na průběh fenologických fází chmele a na jeho výnosy. Meteorologické zprávy (5-6).
- 41) Pokorný, J. 2011. Doktorská disertační práce: Vliv lokality a ročníku na produkci a kvalitu chmele. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- 42) Pokorný, J. 2012. Pokusy se zeleným hnojením v roce 2011. Sborník Výživa a minimalizace pěstování chmele (Únor 2012), Chmelařský institut s.r.o., 79 – 83.
- 43) Pokorný, J., Štranc, P., Pulkrábek, J., Hnilička, F. 2010. Photosynthesis, yield and α -bitter acids content of hop newbreedings and their comparison with other hop cultivars. Sborník 45th Croatian & 5th International Symposium on Agriculture (Feb. 2010), Faculty of Agriculture, University Josip Juraj Strossmayer in Osijek, 480 – 484.
- 44) Pokorný, J., Pulkrábek, J., Štranc, P., Bečka, D. 2011a. Photosynthetic activity of selected genotypes of hops (*Humulus lupulus* L.) in critical periods for yield formation. Plant Soil and Environment, 57 (6), 264 – 270.
- 45) Pokorný, J., Pulkrábek, J., Nesvadba, V. 2011b. The physiological parameters of hop plant (*Humulus lupulus* L.). Sborník Proceedings of the Scientific Commission - International Hop Growers' Convention (June 2011), 114 – 117.
- 46) Pokorný, J., Pulkrábek, J., Křivánek, J., Ježek, J. 2013. Characterization of Changes in Photosynthetic Rate, Transpiration and Chlorophyll Content During the Hop Growing Season. Acta Horticulturae 1010: III International Humulus Symposium, Žatec
- 47) Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J. 1998. Fyziologie rostlin. Academia, Praha, 484 s.
- 48) Prugar, J. a kolektiv 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Praha, 327 s.
- 49) Reddy, V. R., Reddy, K. R., Hodges, H. F. 1995. Carbon dioxide enrichment and temperature effects on cotton canopy photosynthesis, transpiration, and water-use efficiency. Field Crops Research, 41, 13 – 23.

- 50) Renger, G. 1999. Basic Principles of Photophysics and Photochemistry. Concepts in Photobiology: Photosynthesis and Photomorphogenesis. Narosa Publishing House, New Delhi, 90 s.
- 51) Reynolds, M. P., Delgado, M. L., Gutiérrez-Rodríguez, M., Lanqué-Saavedra, A. 2000. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment I: Genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Research*, 66, 37 – 50.
- 52) Rybáček, V. a kol. 1980. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 426 s.
- 53) Sorrentino, G., Cerio, L., Alvino, A. 1997. Effect of shading and air temperature on leaf photosynthesis, fluorescence and growth in lily plants. *Scientia Horticulturae*, 69, 259 – 273.
- 54) Šarapatka, B., Urban, J. a kol. 2006. Ekologické zemědělství v praxi. PRO-BIO, Šumperk, 502 s.
- 55) Šnobl, J. 1989. Vztahy mezi výživou, výnosem a kvalitou chmelových hlávek. *Rostlinná výroba* 35 (10), s. 1079-1086.
- 56) Vach, M., Haberle, J., Javůrek, M., Procházka, J., Procházková, B., Suškevič, M., Neudert, L. 2005. Pěstování meziplovin v různých půdně-klimatických podmínkách České republiky. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 36 s.
- 57) Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. ČZU Praha, s. 17, 73.
- 58) Vent, L. 1960. Chmelařství - organizace a technologie výroby. SZN Praha.
- 59) Wheeler, T. R., Craufurd, P. Q., Ellis, R. H., Porter, J. R., Vara Prasad, P. V. 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82, 159 – 167.
- 60) Whitmarsh, J., Govindjee 1999. The Photosynthetic Process. Concepts in Photobiology: Photosynthesis and Photomorphogenesis. Narosa Publishing House, New Delhi, 51 s.
- 61) Yu, G-R., Zhuang, J., Yu, Z-L. 2001. An attempt to establish a synthetic model of photosynthesis-transpiration based on stomatal behavior for maize and soybean plants grown in field. *Journal of Plant Physiology*, 158, 861 – 874.