

## FOTOSYNTETICKÁ AKTIVITA VYBRANÝCH GENOTYPŮ CHMELE (*HUMULUS LUPULUS* L.)

### Photosynthetic activity of selected hop genotypes (*Humulus Lupulus* L.)

Pokorný J., Pulkrábek J.

Česká zemědělská univerzita v Praze

#### Abstrakt

V příspěvku je hodnocen vliv genotypu na fotosyntetickou aktivitu chmele v období rozhodném pro tvorbu výnosu.

Z tříletých výsledků měření rychlosti fotosyntézy vyplynulo zvýšení aktivity fotosyntézy chmelové rostliny (distribuce asimilátů) v období kvetení a dále pokles aktivity směrem k období hlávkování a k období technické zralosti. Rozdílnost trendů křivek fotosyntézy v období ke konci ontogeneze rostliny naznačují míru zralosti chmelových genotypů. U genotypů, kde se výrazně fotosyntéza nesnižovala se lze domnívat, že technické zralosti ještě nedosáhly. Podle fotosyntetické křivky můžeme prognózovat období zralosti.

**Klíčová slova:** chmel otáčivý, fotosyntéza, genotypy

#### Abstract

In the article, we evaluate the influence of the genotype on the hop photosynthetic activity during the period of the yield formation.

Our 3-years results of measuring of photosynthetic speed have shown the increasement of photosynthetic activity of hop plant (assimilate distribution) during the period of flowering and the fall of activity during the period of cone formation and the period of technical maturity. The different trends in photosynthetic curves on the end of plant ontogeny indicate degree of maturity of hop genotypes. The genotypes whose photosynthesis did not fall down have probably not fetch the technical maturity yet. We can make prognosis the maturity period according to photosynthetic curves.

**Key words:** hop, photosynthesis, genotypes

#### Úvod

Na intenzivní průběh fotosyntézy jsou připraveny všechny nadzemní orgány chmele kromě plodů. Hlavní význam u chmele mají především révové a pazochové listy (Rybáček, 1967). Fotosyntetický proces začíná u chmele počátkem rašení rostliny. Intenzita fotosyntézy se postupně zvyšuje. Při aktivní bilanci pochodů fotosyntézy dochází k dlouhivému růstu a tloušťnutí orgánů (Rybáček a kol., 1980). Larcher (1995) uvádí, že při přechodu z vegetativní do generativní fáze dochází ke změnám v aktivitě enzymů - intenzita fotosyntézy se zvyšuje. Závislost průběhu fotosyntézy na stupni vývoje chmele má několik příčin. Velmi mladé listy nedosahují plné listové plochy a zachycují proto menší množství záření, mají méně chlorofylu a intenzivně dýchají. Fotosyntetická kapacita je zvláště vysoká v generativním období života, tedy během fáze kvetení a hlávkování (Rybáček, 1980).

Ke studiu fotosyntetické produkce vyšších rostlin používáme metody gazometrické. Při jejich použití se sleduje změna koncentrace CO<sub>2</sub> v okolí měřené části rostliny. Při měření je list, rostlina nebo její část uzavřena v klimatizované asimilační komůrce při konstantních podmínkách teploty, vlhkosti vzduchu, ozáření a koncentrace CO<sub>2</sub> (Šesták, Čatský, 1966). Na základě studia čisté fotosyntézy Crepinsek (1996) sestavil dynamický model růstu, vývoje a výnosu chmele. Tento model simuluje průběh čisté fotosyntézy pro každou hodinu vegetačního období a na jeho základě lze předpovídat výši výnosu.

Kenny (2005) uvádí, že starší listy u chmele mají výrazně nižší fotosyntetickou výkonnost. Autor zkoumal průměrnou rychlost fotosyntézy u čtyřiceti genotypů pocházející ze Severní

Ameriky a Jugoslávských zemí. Průměrná rychlost u těchto odrůd se pohybovala okolo  $16,2 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Rozsah fotosyntetické výkonnosti byl mezi  $9 - 23 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Genotypy s podprůměrnou fotosyntetickou výkonností pocházely často z Evropských šlechtění. Pokorný et al. (2007) sledovali rychlost fotosyntézy na různých odrůdách a novošlechtěních chmele. Zjistili, že nejvyšší průměrná rychlost fotosyntézy byla zjištěna u Žateckého poloraného červeňáku. Türkot et al. (2002) měřili v polních podmínkách ozdravené a neozdravené chmelové rostliny Osvaldova klonu 72. Dle pokusů dosáhly ozdravené rostliny průměrné rychlosti fotosyntézy od  $6,74 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  do  $10,34 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  a  $6,2 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  až  $9,96 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  u neozdravených. Autoři dále uvádí, že nejvyšší hodnoty byly u obou variant naměřeny v počátečních fázích ontogeneze, kdy u chmelových rostlin probíhá intenzivní růst. Hniličková a Hnilička (2003) zjistili u odrůdy Premiant hodnotu rychlosti fotosyntézy  $14,64 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  při saturační ozáření  $447 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Dále stanovili u Žateckého poloraného červeňáku Osvaldova klonu 72 hodnotu rychlosti fotosyntézy  $6,8 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  při stejné saturační ozáření. Kenny (2005) uvádí, že u americké odrůdy Willamette při saturační ozáření  $2000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  byla průměrná fotosyntetická výkonnost  $17,5 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Hniličková a Hnilička (2006) sledovali vliv vodního stresu a jednotlivých typů závlah na fyziologické charakteristiky chmele Osvaldova klonu 72. Jejich naměřené hodnoty se za přirozených světelných podmínek pohybovaly v intervalu  $1,65 - 12,23 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Kenny (2005) naměřil u odrůdy Saaz průměrnou rychlost fotosyntézy ve výši  $13,7 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### **Materiál a metody**

Cílem příspěvku je stanovení fotosyntetické výkonnosti u vybraných genotypů chmelových rostlin v období rozhodném pro tvorbu výnosu chmele. V pokusu byly sledovány odrůdy Žatecký poloraný červeňák, Premiant a novošlechtění 4237, 4837, 4784 a 4788. Jedná se o dva genotypy aromatického chmele (4237 a 4837). Další dva genotypy 4784 a 4788 patří mezi hořké chmele s vyšším obsahem alfa hořkých kyselin.

Chmelnice se nachází v nadmořské výšce 280 m. Pokusná lokalita Suchdol leží ve výrobní oblasti řepařské. Spadá do mírně teplé klimatické oblasti, klimatického okrsku mírně teplého, mírně suchého, převážně s mírnou zimou. Přehled hlavních pěstebních opatření v roce 2007, 2008 a 2009 jsou znázorněny v tab. 1. Graf 7 znázorňuje průběh povětrnostních podmínek roku 2007, 2008 a 2009 v období měření.

Technologie pěstování chmele odpovídala běžným pracím na produkčních chmelnicích. K měření rychlosti fotosyntézy jsme využili přístroj LC pro+.

LC pro+ (infračervený listový analyzátor) je přístroj, který umožňuje měřit základní fyziologické pochody v listu bez jeho oddělení od rostliny. Sleduje fyziologii listu vsunutého do měřicí komůrky s řízenou teplotou a osvětlením. Z rozdílů v koncentraci plynů a úrovně průtoku vzduchu uvnitř měřicí komůrky se počítají míry asimilace každých 20 vteřin. Měření  $\text{CO}_2$  je prováděno infračerveným analyzátozem plynů (IRGA). Naměřené hodnoty se automaticky ukládají na PCMCIA kartu v jednotkách  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Měřili jsme při konstantní teplotě  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  a ozáření  $600 \text{ nm}$ .

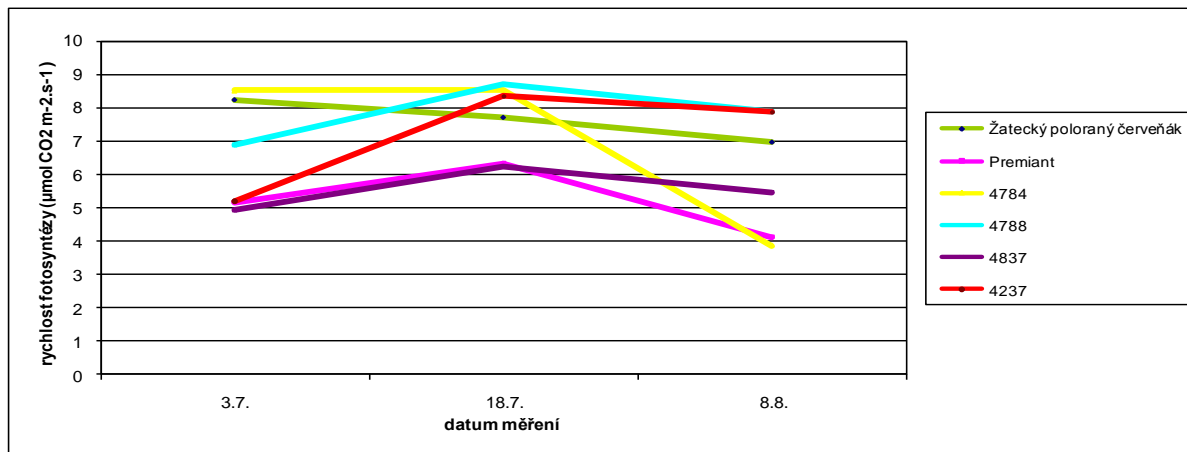
U každého genotypu chmele byla měřena rychlost fotosyntézy v době termínu kvetení a hlávkování, ve dnech 3.7., 18.7., 8.8. **2007**, 1.7., 15.7., 12.8. **2008** a 2.7., 16.7. a 6.8. **2009**.

Fyziologické měření bylo zhodnoceno statistickým programem Statgraphic.

## Výsledky a diskuse

V roce 2007 se pohybovala u všech genotypů průměrná rychlost fotosyntézy od 5,21 do 7,82  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , v roce 2008 od 4,9 do 7,99  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  a v roce 2009 od 5,65 do 7,3  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**Graf 1:** Rychlost fotosyntézy u vybraných genotypů chmele v roce 2007



**Tabulka 1:** Průměrné rychlosti fotosyntézy za sledované období roků 2007, 2008 a 2009

odrůda	2007 ( $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	2008 ( $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	2009 ( $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )
ŽPČ*	7,64	5,35	5,63
Premiant	5,21	4,99	6,66
4784	6,98	6,44	6,24
4788	7,82	5,90	5,65
4837	5,55	7,10	5,93
4237	7,13	7,99	6,8

\* Žatecký poloraný červeňák

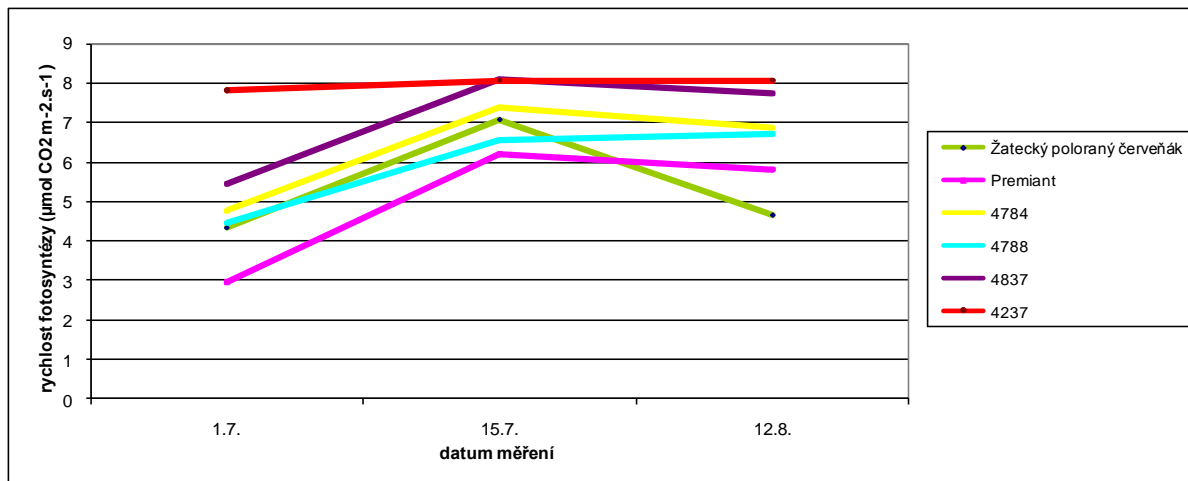
Intervaly naměřených hodnot jsou poměrně vyrovnané. Nebyl zjištěn statisticky významný vliv ročníku na rychlost fotosyntézy (viz Graf 4). Statisticky významný rozdíl byl prokázán u vlivu genotypu. Genotyp 4237 má na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  statisticky nejvyšší rychlost fotosyntézy (viz Graf 5).

V prvním termínu měření (3.7. 2007) měl nejintenzivnější fotosyntetickou aktivitu genotyp 4784. Dosáhl hodnoty 8,51  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , což je v tomto roce měření druhá nejvyšší dosažená hodnota. Naopak nejnižší hodnoty dosáhl genotyp 4837 (4,94  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Trend změny rychlosti fotosyntézy je u všech genotypů v podstatě obdobný. Od prvního měření směrem ke druhému (v období kvetení chmele), jsme zaznamenali mírný nárůst a posléze směrem k době hlávkování chmele, čili blíže k technické zralosti, pokles rychlosti fotosyntézy. Tento fakt popisuje i Larcher (1995). Píše, že přechod z vegetativní do generativní fáze chmele je provázen změnami v metabolismu, a to zvýšením míry fotosyntetické reakce. Pokles hodnot ke konci období měření vysvětlujeme přechodem chmelové rostliny do fáze zrání.

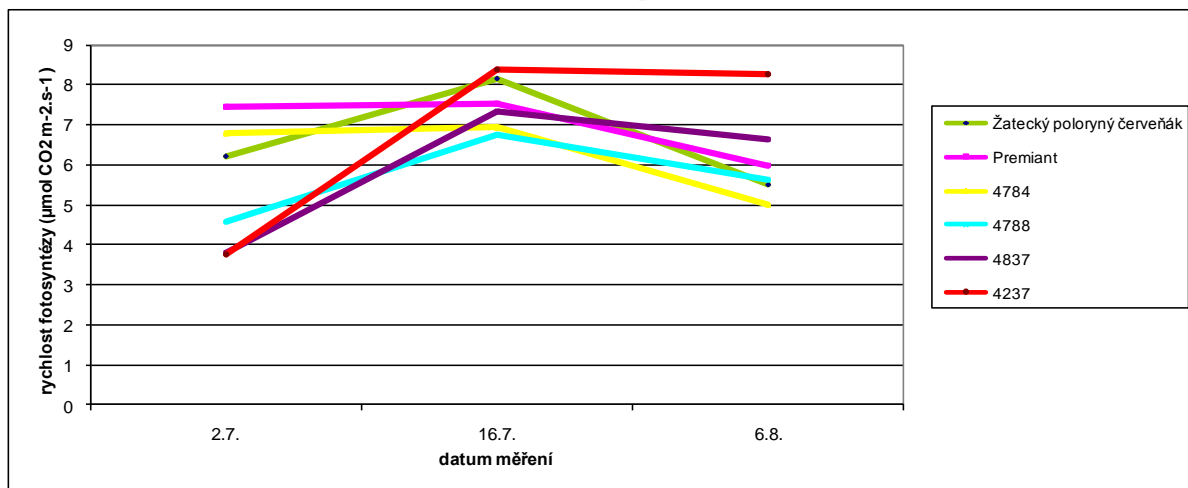
V průměru za celé sledované období roku 2007 jsme zaznamenali nejvyšší fotosyntetickou aktivitu u genotypu 4788, a to 7,82  $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Co se týká dalších výsledků, velice dobře dopadl genotyp 4237 a odrůda Žatecký poloraný červeňák. V průměru za sledované období měly oba genotypy jednu z nejvyšších rychlostí fotosyntézy (7,13 a 7,64  $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

**Graf 2:** Rychlost fotosyntézy u vybraných genotypů chmele v roce 2008



V druhém roce (Graf 2.) měření (2008) je patrný obdobný trend naměřených hodnot. Hodnoty se pohybovaly od 2,95 do 7,83  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . V termínu (1.7.) se výrazněji projevil genotyp 4237. Byla u něj naměřena jedna z nejvyšších hodnot rychlosti fotosyntézy (7,83  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Tento genotyp byl v průměru za rok 2008 nejlépe fotosynteticky aktivní (7,99  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). U všech vybraných genotypů opět nastalo v období kvetení chmele zvýšení fotosyntézy (15.7. 2008). Po delší době cca 20 dnů došlo k poklesu hodnot, ovšem ne u všech genotypů, resp. ne tak intenzivnímu poklesu jak je patrné např. u Žateckého poloraného červeňáku. K výraznějšímu poklesu dochází pouze u genotypů ranějších. Ostatní genotypy mají míru rychlosti fotosyntézy poměrně stálou i mírně zvyšující, 4788 – z 6,54 na 6,72  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  a 4237 konstantní hodnotu 8,07  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Předpokládáme u nich opožděnější dozrávání než u ostatních genotypů.

**Graf 3:** Rychlost fotosyntézy u vybraných genotypů chmele v roce 2009



Naměřené hodnoty v roce 2009 potvrdily údaje z předchozích let. Trend poklesu hodnot rychlosti fotosyntézy ke konci vegetace byl prokázán. Genotyp 4237 má pozdější termín sklizně, je to patrné z míry fotosyntézy naměřené ke konci sledovaného období (6.8.), která se výrazně nemění (z 8,39 na 8,26  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). U všech ostatních genotypů měla fotosyntéza sestupující tendenci, rostliny se dostávaly do fáze zralosti. V roce 2009, jako i v roce 2008 byl v průměru nejlépe fotosynteticky aktivní genotyp 4237 (6,8  $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

### **Závěr**

Z tříletých výsledků měření rychlosti fotosyntézy vyplývá zvýšení aktivity fotosyntézy chmelové rostliny (distribuce asimilátů) v období kvetení a pokles aktivity směrem k období hlávkování a k období technické zralosti. Bylo statisticky prokázáno, že rychlost fotosyntézy ve druhém termínu měření (období kvetení) je na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  vyšší oproti měřením v prvním a druhém termínu (viz Graf 6). Rostliny v přechodu z vegetačního do generativního období měnily distribuci asimilátů, a tím zvyšovaly činnost fotosyntetického aparátu. Dalším poznatkem byly rozdílné trendy křivek fotosyntézy v období ke konci ontogeneze rostliny, které by mohly naznačovat míru zralosti genotypů. U genotypů, kde se výrazně fotosyntéza nesnižovala (4237, 4837) se lze domnívat, že technické zralosti ještě nedosáhly. Došli jsme tedy k závěru, že lze podle fotosyntetické křivky prognózovat období zralosti.

### **Dedikace**

Projekt byl řešen za podpory výzkumného záměru MŠMT ČR č. MSM 6046070901 a projektu NAZV Mze ČR č. QH 81049/2008.

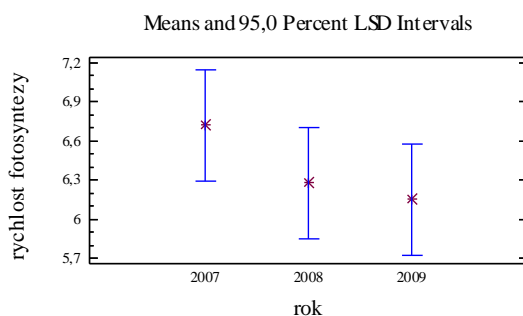
### **Literatura**

- Crepinsek, Z. : A dynamic model of growth, developed and yield of hops (*Humulus lupulus* L.) related to environmental parameters. Zborník Biotehniske fakultete v Ljubljani. Kmetijstvo, 1996, 67, s.19 - 32.
- Hniličková, H.; Hnilička, F.: Studium fyziologických procesů u chmele. Agro magazín, 2003, 4 (12), s. 12 – 14.
- Hniličková, H.; Hnilička, F.: Vodní stres a jeho výzkum u chmele. Chmelařství, 2006, 79 ( 6-7), s. 91-94
- Kenny, S.T.: :Photosynthetic Measurment in Hop (*Humulus*). 2005, vol. 668, s. 241-248.
- Larcher, W.; Biederman, M.; Thorson, A.: Physiological plant ecology. 1995, 3. vydání. Berlín Springer, s. 303
- Pokorný, J.; Štranc, P.; Pulkrábek, J.; Hnilička, F.: Žatecký poloraný červeňák versus jiné odrůdy a novošlechtění chmele. Nové Agro, 2007,12, s. 52-54.
- Rybáček, V.: Některé problémy biologie chmele a jejich význam pro agrotechniku. Kandidátská disertační práce, 1967, VŠZ Praha.
- Rybáček V.: Chmelařství. Praha: SZN Praha, 1980, s. 426
- Šesták Z., Čatský J.: Metody studia fotosyntetické produkce rostlin. Academia, Praha, 1966, s. 394
- Türköt, L.; Hejtník, V.; Novák, V.: Effect of recovery of hop Osvald clon on intensity of photosynthesis. Setrvalý rozvoj rostlinné a živočišné produkce - cesta k rozvoji českého venkova, Praha, 2002, s. 186

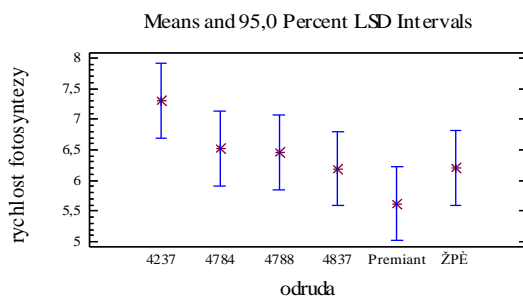
### **Kontaktní adresa:**

Ing. Jaroslav Pokorný, Katedra rostlinné výroby FAPPZ  
Česká zemědělská univerzita v Praze, 165 21 Praha Suchbátka  
[pokornyj@af.czu.cz](mailto:pokornyj@af.czu.cz)

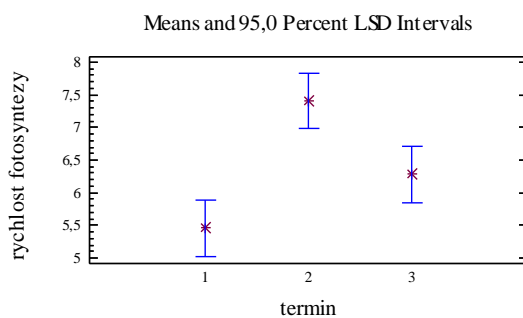
**Graf 4:** Vlivu ročníku na rychlost fotosyntézy chmele (Multifactor ANOVA)



**Graf 5:** Vliv genotypu chmele na rychlost fotosyntézy (Multifactor ANOVA)



**Graf 6:** Vlivu termínu měření na rychlost fotosyntézy chmele (Multifactor ANOVA)



**Graf 7:** Průběh povětrnostních podmínek roku 2007, 2008 a 2009 v období měření

