

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů  
Katedra agroekologie a rostlinné produkce



Vliv různých úrovní výživy dusíkem na fyziologické,  
kvalitativní a kvantitativní parametry nového genotypu  
chmele (*Humulus lupulus* L.) pro nízkou konstrukci

Doktorská disertační práce

Autor: Ing. Pavel Donner

Školitel: prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc.

2020

Úvodem této práce bych chtěl poděkovat všem, kteří mi svojí podporou, důvěrou, motivací a vedením dopomohli ke zdárnému sepsání disertační práce. Jmenovitě prof. Ing. Josefu Pulkrábkovi, Csc., který mě jako školitel provedl celým vysokoškolským studiem, dále své ženě Lence, rodině, přátelům, ale také kolegům z České zemědělské univerzity a Chmelařského institutu, s.r.o., za umožnění realizace pokusů a provedení analýz.

# Obsah

ÚVOD .....	5
1. Literární přehled .....	6
1.1. Současnost chmele v ČR .....	6
1.2. Vývoj pěstování chmele na nízkých konstrukcích .....	8
1.3. Ekonomické aspekty pěstování chmele na nízké konstrukci .....	11
1.4. Výživa chmele .....	12
1.5. Fyziologie chmele .....	20
1.6. Obsahové látky chmele .....	23
2. Hypotézy DDP .....	27
3. Cíle DDP .....	27
4. Metodika .....	27
4.1. Hodnocení agrometeorologických ročníků v průběhu pokusu .....	35
4.1.1. Hodnocení agrometeorologického roku 2014/2015 pro stanici Žatec .....	35
4.1.2. Hodnocení agrometeorologického roku 2015/2016 pro stanici Žatec .....	36
4.1.3. Hodnocení agrometeorologického roku 2016/2017 pro stanici Žatec .....	37
5. Výsledky .....	42
5.1. Vliv faktorů na hospodářský výnos a kvalitu produkce chmele .....	42
5.2. Měření SPAD hodnot .....	49
5.2.1. Výsledky měření SPAD v roce 2015 .....	49
5.2.2. Výsledky měření SPAD v roce 2016 .....	52
5.2.3. Výsledky měření SPAD v roce 2017 .....	56
5.2.4. Shrnutí výsledků měření SPAD .....	59
5.3. Měření rychlostí fotosyntézy a transpirace genotypu PG1428 .....	65
5.3.1. Výsledky v roce 2015 .....	65
5.3.2. Výsledky v roce 2016 .....	72
5.3.3. Výsledky v roce 2017 .....	80
5.3.4. Shrnutí výsledků měření fyziologických parametrů .....	88
5.4. Sledování termínů nástupu vybraných fenologických fází PG1428 .....	94
5.5. Půdní analýzy .....	96
5.6. Listové analýzy .....	99
5.7. Hospodářský výnos .....	104
5.7.1. Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnosy chmele v roce 2015 .....	105
5.7.2. Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnosy chmele v roce 2016 .....	106

5.7.3. Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnosy chmele v roce 2017 .....	112
5.7.4. Shrnutí výsledků hospodářských výnosů chmele .....	116
5.8. Vliv rychlosti fotosyntézy na úroveň hospodářského výnosu chmele .....	117
5.9. Analýzy hlávek.....	118
5.9.1. Shrnutí laboratorních analýz hlávek chmele .....	124
6. Diskuze .....	125
7. Závěry, stanovisko k hypotézám .....	133
8. Praktické poznatky, doporučení pro praxi a budoucí výzkum .....	135
9. Zdroje .....	138
10. Přílohy.....	147

## ÚVOD

I v současné době finančně dostupných analýz půdy či biomasy aplikují čeští pěstitelé chmele do půdy zbytečně vysoké dávky dusíku. Tyto dávky se mnohdy neodvíjí od aktuální zásoby stanovené analýzou půdních vzorků, ale od zkušeností jejich dědů a otců, možná i z každoroční rutiny a zvyku. Bohužel většině takovýchto pěstitelů vznikají zbytečné ekonomické ztráty, neboť se stoupajícími dávkami dusíku klesá jeho využitelnost rostlinami, přebytek je vyplaven do spodních vrstev půdy nebo volatilizován. Rostlina může dosáhnout optimálního růstu, vývoje a poté i výnosu jen při vhodném zásobení dusíkem. (Malý a Vaňousek; 2012). Rychlost fotosyntézy, obsah chlorofylu (Zhao a kol., 2003; Zhao a kol., 2005), vyhodnocení výnosu hlávek a jejich kvality – to jsou parametry, které mohou pomoci optimalizovat dávky dusíku především v jarní výživě chmele a zhodnotit jeho vliv na nový genotyp vyšlechtěný pro nízkou konstrukci (NK).

Pokorný (2011) ve své disertační práci potvrzuje, že rychlost fotosyntézy u sledovaných odrůd koreluje s dosaženým hospodářským výnosem. Dále ale uvádí, že v lokalitě, kde byla během tříletého pokusu naměřena průměrně nejvyšší rychlost fotosyntézy, se neprojevila produktivita asimilace ve vyšším hospodářském výnosu oproti variantám dosahujícím nižší rychlosti fotosyntézy. Naopak dle rychlosti fotosyntézy lze predikovat potenciální výnosové rozdíly mezi porosty v rámci ročníku. Rychlost fotosyntézy také korelovala s konduktometrickou hodnotou chmele (Donner, 2014).

Jak uvádí Štranc a kol. (2012), Ježek (2013a), Polončíková (2014) a další, problémem pěstování chmele na nízké konstrukci byla především nedostupnost vhodné uznané české zakrslé odrůdy. Některé nové perspektivní genotypy však již byly v posledních letech zaregistrovány – Country (2018, předběžné označení N5), Jazz (2018, předběžné označení N33) a Blues (2019, předběžné označení N3). Pro genotypy, které prošly odrůdovými zkouškami ÚKZÚZ, je třeba z důvodu značné odlišnosti pěstebního procesu (od vysoké konstrukce) zpracovat komplexní metodiku jejich agrotechniky.

Jak uvádí Glendinning (2011), v případě pěstování chmele na nízké konstrukci lze předpokládat nižší požadavky na výživu dusíkem, jelikož tyto rostliny tvoří menší objem biomasy s nižším výnosem chmelových hlávek. Jaká však bude skutečná potřebná dávka k dosažení nejvyšší produktivity a zdali se bude lišit od potřeby odrůd na vysoké konstrukci, to je jedním z předmětů zkoumání této disertační práce.

# 1. Literární přehled

Pěstování chmele (*Humulus lupulus* L.) na českém území má více než tisíciletou tradici. Během této doby se český chmel stal symbolem, světovým standardem a celosvětově žádanou a uznávanou komoditou. I přes výrazný pokles pěstebních ploch (z 10 468 ha v roce 1989 na 4 775 ha v roce 2016) si české chmelařství udržuje pozici mezi třemi největšími pěstiteli chmele na světě, ve výměře zaostává jen za USA (15 536 ha v roce 2014) a Německem (17 309 ha v roce 2014). Na čtvrtém místě je s 2 701 ha Čína (2014). Většina produkce je z ČR exportována, celkem do cca 70 zemí světa (někteří exportní partneři se meziročně liší), největší podíl však připadá na Japonsko, Německo, Čínu a Rusko. (Drozdová, 2015).

Ve Velké Británii se v roce 2013 pěstoval chmel na nízké konstrukci na ploše 256 ha. Nejrozšířenější a také nejznámější odrůdou pro nízké konstrukce je First Gold, který se pěstoval na 140 ha. Dalšími odrůdami jsou například Pilot, Boadicea, Sovereign, Pioneer a další. Britským chmelařům se podařilo (především odrůdou Pilot) dosáhnout výnosů srovnatelných s vysokou konstrukcí (Polončíková, 2014; Anonym, 2014).

V USA je pěstování chmele na nízké konstrukci výsadou především menších pěstitelů, z velké části z řad hobby pěstitelů a nadšenců do domácího vaření piva. Nejpestovanějšími odrůdami jsou Summit a Cascade. Na nízkých konstrukcích však hospodaří i několik produkčních zemědělců, a to na ploše okolo 200 ha (Ježek, 2013b).

## 1.1. Současnost chmele v ČR

Výměra produkčních chmelnic v roce 2020 zaznamenala pokles 0,73 % oproti roku 2019, tj. z 5 003 ha v roce 2019 na 4 966,3 ha v roce 2020 (Kršková, 2020). Průměrný výnos v roce 2019 dosáhl hodnoty 1,43 t.ha<sup>-1</sup>, tj. 39,37% nárůst oproti průměrnému roku 2018, celková produkce sušeného chmele byla 7 144,71 tun (Barborka, 2020). Chmel v roce 2020 pěstovalo v ČR 124 subjektů (Kršková, 2020). Výběr hodnot dlouhodobého trendu ukazuje tabulka 1.

Chmel se v České republice pěstuje ve třech oblastech; Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Největší a historicky nejvýznamnější oblastí je Žatecko s 3 837 ha chmelnic, 504 ha se nachází v oblasti Ústěcko a 626 ha v Tršické chmelařské oblasti. Nové porosty byly vysazeny na ploše 270 ha, z nichž nejvíce zaujímá ŽPČ se 207 ha, Sládek s 38 ha a Premiant s 23 ha. Nejrozšířenější odrůdou je (a do budoucna i zůstane) Žatecký poloraný červeňák s plochou 4 216 ha (84,9 % plochy) (Kršková, 2020). Tato odrůda se pěstuje v několika klonech; jednoznačně nejvíce Osvaldův klon 72, v menší míře klony 31 a 114, dále

Siřem, Zlatan, Podlešák, Blšanka, Lučan a další (Drozdová, 2015). Odrůdovou skladbu a průměrné výnosy jednotlivých odrůd v rekordním roce 2016 znázorňuje tabulka 3.

Pěstební plochy nízkých konstrukcí se po pětiletém období konzistence rapidně snížily ze 46,64 ha v roce 2014 na současných 3,16 ha (tabulka 2). Pokles výměry je zapříčiněn nerentabilním pěstováním vzrůstných odrůd chmele na nízké konstrukci, kdy pěstitelé nepočkali na registraci zakrslého genotypu (rok 2018) a od nízkých konstrukcí upustili.

Tab. 1: Porovnání plochy, celkové produkce a výnosů za roky 1989 až 2020 (ÚKZÚZ).

Rok	Plocha (ha)	Produkce (t)	Prům. výnos (t.ha <sup>-1</sup> )	Rok	Plocha (ha)	Produkce (t)	Prům. výnos (t.ha <sup>-1</sup> )
1989	10 468	10 794	1,03	2005	5 672	7 831	1,38
1990	10 435	9 437	0,90	2006	5 414	5 453	1,01
1991	10 385	9 827	0,95	2007	5 389	5 631	1,04
1992	10 522	8 536	0,81	2008	5 335	6 753	1,27
1993	10 574	9 417	0,89	2009	5 307	6 616	1,25
1994	10 687	9 489	0,89	2010	5 210	7 772	1,49
1995	10 115	9 889	0,98	2011	4 632	6 088	1,31
1996	9 436	10 125	1,07	2012	4 366	4 338	0,99
1997	7 475	7 415	0,99	2013	4 319	5 329	1,23
1998	5 633	4 896	0,87	2014	4 460	6 202	1,39
1999	6 012	6 434	1,07	2015	4 622	4 843	1,05
2000	6 095	4 865	0,80	2016	4 775	7 712	1,61
2001	6 075	6 622	1,09	2017	4 945	6 797	1,37
2002	5 968	6 442	1,08	2018	5 020	5 126	1,02
2003	5 942	5 527	0,93	2019	5 003	7 145	1,43
2004	5 838	6 311	1,08	2020	4 966	?	?

Výnosová data za rok 2020 nejsou v době uzavření práce známa.

Tab. 2: Výměra (v ha) nízkých konstrukcí v letech 2009 – 2019 (Ježek, 2013a; Barborka, 2013; Barborka, 2014; Barborka, 2015; Barborka, 2016; Barborka, 2017; Barborka, 2018; Barborka, 2019; Barborka, 2020).

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Hořesedly	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	0,75	0,75	0,75
Kněžice	1,93	11,94	11,91	11,91	11,91	11,91	10,01	0	0	0,31	0,31
Neprobylice	1,87	1,87	2,16	2,16	2,16	2,16	0	0	0	0	0
Nesuchyně	0	1,5	1,19	1,19	1,19	1,19	0	0	0	0	0
Polepy	0	0	2,41	2,41	2,41	2,41	0	0	0	0	0
Račice u Štětí	0	0	5,22	5,22	5,22	5,22	4,12	2,1	2,1	2,1	2,1
Sedčice	2,1	10	10,32	10,32	10,32	10,32	0	0	0	0	0
Stekník	0,88	0,88	1,8	1,8	1,8	1,8	0,92	0,92	0,31	0	0
Záluží u Roudnice n./L.	3,33	3,33	4,33	4,33	4,33	4,33	0	0	0	0	0
Žabokliky	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	0	0	0	0	0
celkem	17,41	36,82	46,64	46,64	46,64	46,64	17,77	5,74	3,16	3,16	3,16

Tab. 3: Porovnání plochy, celkové produkce a výnosů dle odrůd v rekordním roce 2016 (ÚKZÚZ).

Odrůda	Plocha (ha)	Produkce	Výnos (t.ha <sup>-1</sup> )
ŽPČ	4 190	6 367	1,52
Sládek	267	639	2,39
Premiant	175	424	2,42
Saaz Late	41	69	1,68
Agnus	39	93	2,38
Kazbek	21	42	2,01
Saaz Special	20	47	2,37
Harmonie	5	11	2,19
Bohemie	2	2	1,14
Vital	2	5	2,37
Rubín	1	1	1,43
Bor	0	0	0
Ostatní	12	11	0,93
celkem	4 775	7 712	1,61

## 1.2. Vývoj pěstování chmele na nízkých konstrukcích

Pěstování chmele na nízkých konstrukcích je technologií známou od roku 1977, kdy Ray Neve našel ve šlechtitelské školce (ve Velké Británii) mohutnou rostlinu s krátkými internodii, což mu vnuklo inovativní myšlenku. Po několika zkouškách s kontrolními kříženími (které však vykazovaly nízký obsah alfa-hořké kyseliny) byl zjištěn nový genetický zdroj se základem v novošlechtěných vysokoobsažných odrůdách. V následných pokusech se nový genotyp dokázal vyrovnat úrovni výnosu chmele z nedaleké vysoké konstrukce, a dokonce ho předčit v odolnosti proti verticiliovému vadnutí, peronospore chmelové a padlí chmelového (Gunn a Darby, 1994; Darby, 2004; Ježek, 2013a).

V USA se pěstování chmele na nízké konstrukci začalo rozvíjet od počátku 80. let 20. století. První pokusy využily v té době komerční odrůdy chmele, byly též vysazovány odrůdy dovezené ze zahraničí. Počáteční výsledky s odrůdami Cluster, Bullion a Cascade však znamenaly rozčarování a pokles zájmu o tento systém pěstování. I přes prvotní neúspěch se skupina pěstitelů v Sunny Hops Inc. (později se stala Hopunion USA Inc.) snažila nízké konstrukce prosadit a stála za zrozením programu „Hopunion USA, Inc. – Systém pěstování chmele na nízké konstrukci“. Jednalo se o komplexní systém pěstování a sklizně chmele z nízkých konstrukcí navržený zejména s ohledem na úsporu lidské práce, který byl v následujících desetiletích neustále zpřesňován a zdokonalován (Lewis, 1992; Čeleda, 1993).

Bulharští pěstitelé chmele začali (ve spolupráci se společností Hopunion) experimentovat s nízkými konstrukcemi v roce 1985. Vystavěli nízké konstrukce o vzdálenosti řadů 3 m a totožné výšce konstrukce. Jako sloupy stavitelé zvolili ocelové trubky o průměru 75 mm, které byly od sebe v řadu



vzdáleny 15 m. Chmelnice osázeli odrůdami dodanými společnostmi Sunny Hops (Hopunion) a sledovali kvalitativní i kvantitativní parametry. V roce 1989 dosáhli v experimentech výnosů 1,4 – 1,95 t.ha<sup>-1</sup> (Rusev a Maslarova, 1994).

V České republice probíhaly první pokusy s pěstováním chmele na nízké konstrukci od roku 1991, kdy Chmelařský institut, s.r.o., ve spolupráci se společností Hopunion postavil první pokusnou nízkou konstrukci o rozloze 6 ha na Účelovém hospodářství ve Stekníku. Řady konstrukce byly od sebe vzdáleny 3 m a výška konstrukce dosahovala též 3 m, sloupy byly použity dřevěné o průměru 10 cm. Spodní vodící drát byl umístěn 50 cm nad povrchem půdy a mezi spodním a vrchním drátem byl zavěšen pozinkovaný drát o průměru 2 mm, sloužící jako chmelovodič, na který byly zaváděny 3 až 4 výhony. Chmelnice byla osazena odrůdami Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ) - Osvaldův klon 72, Bor, Sládek a Premiant, a to ve sponu 300 x 100 cm s tím, že v roce 1993 byl ve vybraných dílech zahuštěn na 300 x 50 až 300 x 75 cm. Současně s výsadbou na nízké konstrukci byla stejnými odrůdami osazena i přilehlá konstrukce vysoká. Na obou chmelnicích byla prováděna shodná agrotechnika a dle potřeby využita kapková závlaha. Při porovnání výnosů z obou systémů pěstování bylo zjištěno, že odrůdy ŽPČ a Bor jsou nevhodné pro pěstování na nízké konstrukci, jelikož vytváří fertální pazochy až od cca 1 m výšky. Hospodářský výnos odrůd Bor a ŽPČ dosáhl pouze 36 % (0,62 t.ha<sup>-1</sup>), resp. 38 % (0,39 t.ha<sup>-1</sup>) v porovnání s konstrukcí vysokou. Výnos odrůd Premiant a Sládek dosáhl 55 % (0,76 t.ha<sup>-1</sup>), resp. 49 % (0,93 t.ha<sup>-1</sup>) oproti konstrukci vysoké. Zahuštění porostu snížením vzdálenosti rostlin v řadu přineslo zvýšení výnosu o cca 0,15 – 0,2 t.ha<sup>-1</sup>. Rozdíly v množství obsahových látek v hlávkách nebyly statisticky průkazné (Fric a kol., 1993; Kopecký, 2006).

Po prvotních pokusech s pěstováním chmele na nízké konstrukci však bylo od tohoto systému opuštěno. Návrat k této myšlence přišel až po roce 2007, neboť byl v předchozích letech (2005 – 2007) problém zajistit dostatek pracovníků pro jarní práce ve chmelnici. K obnovení výzkumu a počátku šlechtění speciálních zakrslých odrůd přispěl také fakt, že byly závodem Mechanizace, Chmelařství, družstva Žatec, vyrobeny první česací stroje pro nízkou konstrukci pro zahraniční odběratele v Číně a USA. Tím se částečně vyřešil jeden z klíčových problémů, kvůli kterému bylo od původních pokusů v devadesátých letech dvacátého století upuštěno (Vent, 2010b). Problematice pěstování vzrůstných odrůd chmele na nízké konstrukci se následně věnoval i Ježek (2013a) ve své disertační práci a Štranc a kol. (2012).

Jak uvádí Štranc a kol. (2012), Ježek (2013a), Polončíková (2014) a další, problémem současného pěstování chmele na nízké konstrukci je především nedostupnost uznané české zakrslé odrůdy. Jelikož se hospodářský výnos z porostů odrůd určených pro vysoké konstrukce, které jsou však pěstovány na konstrukci nízké, pohybuje průměrně na úrovni 60 až 70 % jejich výnosu na vysoké konstrukci, nemohou ani nižší náklady přimět pěstitele, aby na své půdě přecházeli k pěstování chmele

na nízké konstrukci. Navíc se výkyvy v úrovni výnosu mezi jednotlivými lety u klasických odrůd na nízké konstrukci projevují výrazněji než na konstrukci vysoké.

Problémem při pěstování chmele na nízké konstrukci je i pomalý růst rév zakrslých genotypů po zavedení na chmelovodič, kdy bývá značné množství rostlin poškozeno okusem zvěře.

Šlechtění českých zakrslých odrůd („dwarf varieties“) pro nízké konstrukce nyní řeší Chmelařský institut, s.r.o., Žatec. Tyto odrůdy se musí vyznačovat nízkým habitem, krátkými internodii a nízkým nasazením plodonosných pazochů (Nesvadba, 2013). Některé nové perspektivní genotypy prošly registračními zkouškami ÚKZÚZ, u jiných probíhá další výzkum a šlechtění. Z důvodu značné odlišnosti pěstebního procesu (od vysoké konstrukce) bylo třeba zpracovat komplexní metodiku pěstování zakrslých odrůd chmele na nízkých konstrukcích. Na obrázcích 1 a 2 jsou zachyceny operace z procesu stavby nízké konstrukce.



Obr. 1: Zapichování sloupů NK.

Obr. 2: Natahování chmelovodiče – sítě – na NK.

U vybraných genotypů byly v procesu pěstování a sklizně sledovány také morfologické, agrotechnické a chemické znaky. V letech 2015 – 2017 bylo řešeno i jejich uplatnění v pivovarské a pěstitelské praxi. Chmelařský institut, s.r.o., ve spolupráci s anglickou stranou zastoupenou Peterem Glendinningem ze společnosti Philip Davies & Son, dlouhodobě usilují o registraci nových odrůd, pro které bude zajištěn odbyt v českých i anglických pivovarech (Nesvadba, 2015b).

V registračních pokusech ÚKZÚZ bylo zařazeno 12 genotypů zakrslých chmelů. Jedná se o genotypy s označením N2, N3, N5, N7, N8, N10, N11, N12, N13, N33, N35 a PG1428 (Nesvadba, 2015a; Nesvadba, 2016). Z těchto genotypů byly v roce 2018 zaregistrovány N5 a N33 pod názvy Country a Jazz, a v roce 2019 pak N3 pod názvem Blues.

Country je pozdní aromatický chmel získaný výběrem z hybridního potomstva několikanásobného prokřížení odrůdy Sovereign a evropského šlechtitelského materiálu. Vyznačuje se mírným chmelovým aroma s trávovitými, bylinnými a kořenitými tóny. Je vhodný pro druhé a třetí chmelení, obsahuje 3,0 – 4,5 % alfa-hořkých kyselin, 1,5 – 2,5 % beta-hořkých kyselin a 0,2 – 0,6 g.100 g<sup>-1</sup> silic. Rostliny jsou mohutné, válcovitého tvaru, barva révy je zelenočervená, obvykle o průměru 7 – 10 mm. Pazochy jsou krátké až středně dlouhé, velmi nízko nasazené.

Jazz je pozdní odrůda získaná výběrem z hybridního potomstva několikanásobného prokřížení odrůdy First Gold a evropského šlechtitelského materiálu. Má výraznější aroma citrusů, koření, dřeva, ovoce a chmele. Je vhodná pro druhé a třetí chmelení, hodí se také pro studené chmelení. Obsah alfa-hořkých kyselin 3,5 – 6,0 %, beta-hořkých kyselin 2,0 – 4,0 % a silic 0,6 – 1,2 g.100 g<sup>-1</sup>. Rostliny mají mohutný vzrůst kyjovitého tvaru, barva rév je červená až fialovočervená, obvykle o průměru 7 – 12 mm. Pazochy jsou střední až dlouhé, nízko nasazené (Nesvadba a kol., 2018).

Blues je polopozdní aromatická odrůda taktéž získaná výběrem z hybridního potomstva několikanásobného prokřížení odrůdy First Gold a evropského šlechtitelského materiálu. Vyznačuje se středně silnou chmelovou a kořenitou vůní. Je vhodná pro druhé a třetí chmelení i pro chmelení za studena. Obsah alfa-hořkých kyselin 5,0 – 8,5 %, beta-hořkých kyselin 3,0 – 4,5 % a silic 0,6 – 1,5 g.100 g<sup>-1</sup>. Rostliny mají střední vzrůst, válcovitého tvaru, barva rév je zelenočervená až červená o průměru 7 – 11 mm. Pazochy jsou krátké až střední, nízko nasazené (Nesvadba, 2020).

### **1.3. Ekonomické aspekty pěstování chmele na nízké konstrukci**

Jak uvádí Kořen a Rosa (2008), při pěstování chmele na nízké konstrukci je možné snížit potřebu pracovních sil až o 348 hodin, z čehož největší položku tvoří právě jarní práce ve chmelnici (zapichování chmelovodičů a zavádění výhonů). Nákladové položky, které jsou při pěstování na nízké konstrukci eliminovány:

- 1) materiální náklady – drátek, polypropylenový motouz,
- 2) pracovní náklady – příprava drátků, zavěšování a zapichování chmelovodičů, zavádění výhonů, opravné zavádění, zavěšování spadlých rév,
- 3) pohonné hmoty – orba, řez, zavěšování chmelovodičů, kultivace, čištění konstrukce (o 67 litrů na hektar).

Náklady na výstavbu nízké konstrukce jsou přibližně 60 – 70%, v roce 2010 se pohybovaly okolo 350 000 Kč (Vent, 2010a). Rentability pěstování chmele na nízké konstrukci by však bylo dosaženo, pokud by výnos dosáhl více než 1,2 t.ha<sup>-1</sup> (Kořen a Rosa, 2008).

## 1.4. Výživa chmele

Chmel je jednou z nejnáročnějších a nejintenzivněji pěstovaných zemědělských plodin, která během vegetace odčerpává z půdy velká množství živin. Za poměrně krátký časový úsek vytváří velké množství sušiny (Vent a kol., 1963). Dostatečný příjem jednotlivých živin ve vhodných relacích je předpokladem dobrého výnosu a kvality sklizených hlávek. Odběr živin je závislý na více faktorech, především na objemu nadzemní hmoty, který je ovlivněn sponem, úrodností pozemku, výškou vedení, pěstovanou odrůdou, stářím chmelnice, povětrnostními vlivy, zdravotním stavem a výživou rostlin (Vaněk a kol., 2016). Vent a kol. (1963) i Vaněk a kol. (2016) se shodují, že příjem živin lze rozdělit do tří fází během vegetace. Na jejím počátku, v době vegetativního růstu, je příjem živin pozvolný (do období zavádění výhonů většinou stačí rezervy uložené v babce) a teprve při nárůstu biomasy se zvyšuje. Výrazně vyšší odběr je pozorován při tvorbě květů, tehdy rostlina přijme 30 % z celkové dávky dusíku. Největší část živin je však přijímána ve druhé polovině vegetace, především při tvorbě hlávek. V tomto období rostlina přijme 55 % celkové dávky dusíku, více než 70 % fosforu a téměř 60 % draslíku. Omezení příjmu živin v období květu má tudíž největší vliv na špatný výnos a kvalitu hlávek. Z celkového množství přijatého dusíku připadá 44 % na hmotu hlávek (Vent a kol., 1963).

Již v době před významným rozšířením průmyslových hnojiv zdůrazňoval Mohl (1924) výjimečnou náročnost chmele na živiny, problematiku kvality hnoje a potřebu průmyslových hnojiv, citují: „V první době jarní tedy potřebuje poměrně nejvíce dusíku, proto osvědčuje se stará síla půdy a hnojíme-li v jaře jen rychle působícím, neb do času potřeby v rychle působící stav přešlé hnojivo dusíkaté záhy v jaře dané. Jeho potřeba však jest značná až do sklizně, tedy nejlepší jsou hnojiva organická, neb jim odpovídající volně, ale stále působící jako jsou hnůj, komposty, čpavková sůl atd. ... Normální plné hnojení každoroční vyžadovati bude pro keř 20 g dusíku, 25 g drasla, 12 – 20 g kyseliny fosforečné ... Tomu by odpovídalo 5 – 6 kg dobrého, konservovaného hnoje. Tolik ho nebývá, složení jeho často (vymoklý, špatně přechovávaný) jest chudší a jednostranné, jeho složení pak citlivě prokázati se může ... proto bude třeba při hnoji doplňovati ho strojenými hnojivy a přihnojením neb plným hnojením v letech nejbližších.“

Údaje o celkové spotřebě základních živin se u jednotlivých autorů liší. Někteří autoři uvádí celkovou spotřebu živin na jeden hektar bez ohledu na výnos, jiní naopak přepočítávají spotřebu dle

výnosu. Vaněk a kol. (2016) uvádí intervaly rozsahu celkového odběru živin bez závislosti na výnosu následovně: 117 – 272 kg N, 17 – 33 kg P, 91 – 213 kg K a 109 – 210 kg Ca. Zároveň dodávají, že při průměrném výnosu 2 t.ha<sup>-1</sup> je udáván odběr 150 kg N, 20 kg P, 133 kg K, 24 kg Mg, 135 kg Ca, 16 kg S a přibližně 600 g Zn. Rybáček a kol. (1980) uvádí výsledky svých pokusů, kdy při výnosu hlávek 1,5 t.ha<sup>-1</sup> a produkci 3,85 t chmeliny bylo v celkové biomase obsaženo 113 kg N, 20 kg P, 124 kg K, 140 kg Ca a 16 kg Mg. Zázvorka a Zima (1956) konstatují, že kultura chmele na 1 ha plochy odejme 50 – 110 kg N, 10 – 20 kg P, 80 – 120 kg K a 100 – 200 kg Ca. Autoři zároveň uvádí ještě starší informace, kdy dle Osvalda chmel odebere 110 kg N, 20 kg P, 100 kg K a 190 kg Ca. Vent a kol. (1963) udávají jak hodnoty potřebné pouze pro produkci 1 t sušených hlávek (33 kg N), tak i potřebu pro celkovou biomasu. Ta dle autorů činí 120 kg N, 18 kg P, 100 kg K a 142 kg Ca.

Malý a kol. (2017) připravili pro seminář agrotechniky Chmelařského institutu v Žatci přehled, ve kterém shrnují procentuální zastoupení půd v kategoriích dle zásobenosti základními živinami. Tyto hodnoty jsou znázorněny v tabulce 4.

Tab. 4: Stav zásobenosti půd ve chmelnicích metodou Mehlich III v letech 2009 – 2016 (% ploch).

	P	K	Mg	S
VN+N*	16	11	9	45
S*	20	36	32	18
D*	26	27	35	9
V+VV*	38	26	24	28

\*VN – velmi nízký, N – nízký, S – střední, D – dobrý, V – vysoký, VV – velmi vysoký

Z tabulky je patrné, že zásobenost hořčíkem a draslíkem není v současné době výrazným problémem. Na 16 % prozkoušených ploch byl zaznamenán nedostatek fosforu, který se může negativně projevit na rostlinách. Při mírném nedostatku bývá projev spíše latentní, pokud ovšem výraznější nedostatek přetrvává déle, projeví se deficit nízkým vzrůstem, menšími listy a omezenou tvorbou kořenů (Vaněk a kol., 2016). Největším problémem je však nedostatek síry, který se týká téměř poloviny analyzovaných půd. Jedná se většinou o kyselé půdy s nízkým obsahem humusu. Síra působí v rostlině pozitivně na využívání dusíku a má významné fyto-sanitární účinky. Její nedostatek vede k zakrslému habitu, tvorbě dlouhých výhonů a chloróz, převážně na mladých listech. Nejjednodušším způsobem, jak odstranit deficit síry, je používání síranu amonného v jarní dávce minerálního hnojení (Malý a kol., 2017).

### 1.4.1. Dusík

Dusík je pro rostliny nepostradatelnou součástí jejich výživy. Ze všech složek minerální výživy je z kvantitativního hlediska nejvýznamnější právě tento prvek. Rostliny přijímají dusík z půdy ve formě amonné ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrátové ( $\text{NO}_3^-$ ). Přijaté množství není regulováno jen chemickou a prostorovou dostupností, ale také aktivitou mnoha transportních systémů v buňkách, transportem v rámci rostliny a schopností rostliny využít ho pro růst (Čeh a Čremožnik, 2009). Vhodná výživa minerálním dusíkem má příznivý vliv na růst výhonů a vhodné olistění (Vaněk a kol., 2016), na redukci květů, hlávkování a v důsledku toho i na celkový počet hlávek (Rybáček a kol., 1980). Dusík tvoří podstatnou složku bílkovin, je také vázán v molekule chlorofylu. Vzhledem k tomu, že chmel musí vytvořit ve velmi krátkém čase maximální množství biomasy, je potřeba tohoto prvku poměrně vysoká. Chmel jednostranně přehnojený dusíkem bývá bujného, silně olistěného habitu, se vzdálenými pazochy a v době zralosti s prorůstajícími hlávkami. Následkem přehnojení je i prodloužení vegetační doby, kdy se rostliny s nadbytkem projevují nezralostí ve standardní době sklizně, mají nižší obsah lupulinu a horší vůni. Důsledkem nadměrné výživy dusíkem je i vyšší náchylnost k napadení chorobami. Nedostatek se naopak projeví, stejně jako u jiných plodin, slabým vzrůstem a chlorotickou barvou listů. Deficit vede ke dřívějšímu ukončení vývoje a nižším výnosům (Zázvorka a Zima, 1956; Vent a kol., 1963; Hniličková a Hnilička, 2003).

Potřebné dávky dusíku se však liší v závislosti na půdních podmínkách, klimatu, náročnosti odrůd a jejich specifickým potřebám výživy, způsobu pěstování a dalších faktorech. Autoři z různých chmelařských států tak logicky uvádí různé hodnoty potřeby dusíku. V Anglii je doporučována dávka  $150 - 225 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , v USA  $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , v Německu  $270 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , v Itálii  $150 - 200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , ve Slovinsku  $180 - 200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  a v ČR  $65 - 130 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Bavec a kol., 2003). Šnobl (1989) uvádí, že průměrná potřeba dusíku na jednu tunu sušených hlávek je  $100 \text{ kg}$ . Dle Rybáčka a kol. (1980) bylo v produkci  $1,5 \text{ t}$  sušených hlávek a  $3,85 \text{ t}$  sušiny chmeliny obsaženo  $113 \text{ kg}$  dusíku. Tvrdí také, že účinnost živin se v závislosti na použitém dusíkatém hnojivu pohybuje mezi  $50$  až  $80 \%$ . Vent a kol. (1963) uvádí potřebu  $33 \text{ kg}$  dusíku na produkci  $1 \text{ t}$  hlávek (bez započtení potřeby ostatní sušiny), což při přepočtu dle výše uvedeného poměru obsahu dusíku v rostlině ( $44 \%$  N ve hlávkách) definuje potřebu dusíku na úrovni  $112,5 \text{ kg}$  pro výnos  $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . To je téměř shodná hodnota, jakou publikuje Rybáček a kol. (1980), tedy  $113 \text{ kg N}$ . Vent a kol. (1963) však obecně uvádí potřebu  $120 \text{ kg}$  dusíku na hektar. Dlužno podotknout, že hektarových výnosů na úrovni  $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  v době, kdy nebyly vyšlechtěny hybridní odrůdy, nebylo běžně dosahováno. Ve srovnání potřeby dusíku od různých autorů, které Vent a kol. (1963) shrnuli v jejich publikaci, se potřeba dusíku pohybuje od  $90$  do  $117 \text{ kg}$  na hektar. V pokusech Bavec a kol. (2003) se osvědčila dávka  $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  v různých kombinacích dusíkatých

minerálních hnojiv. Dávka 200 kg N.ha<sup>-1</sup> již vykazovala mírně horší výsledky. Vaněk a kol. (2016) uvádí průměrný odběr 150 kg N.ha<sup>-1</sup> při výnosu 2 t.ha<sup>-1</sup>, rozsah odběru se pohybuje od 117 do 272 kg N.ha<sup>-1</sup>. Dále také konstatuje, že potřebná dávka dusíku v minerálních hnojivech se nejčastěji pohybuje v rozmezí 80 – 150 kg N.ha<sup>-1</sup>.

Z celkového množství minerálního dusíku (ale i ostatních živin) obsaženého v nadzemní biomase se přibližně 30 % vrací zpět do kořenů, kde je využit pro růst kořenové hmoty a v dalším roce vegetace slouží jako počáteční zdroj živin do doby, než rostlina začne přijímat živiny z půdy. Toto období trvá přibližně do výšky rostlin asi 150 cm, kdy začnou rostliny přijímat minerální látky pouze z půdy (Vent a kol., 1963).

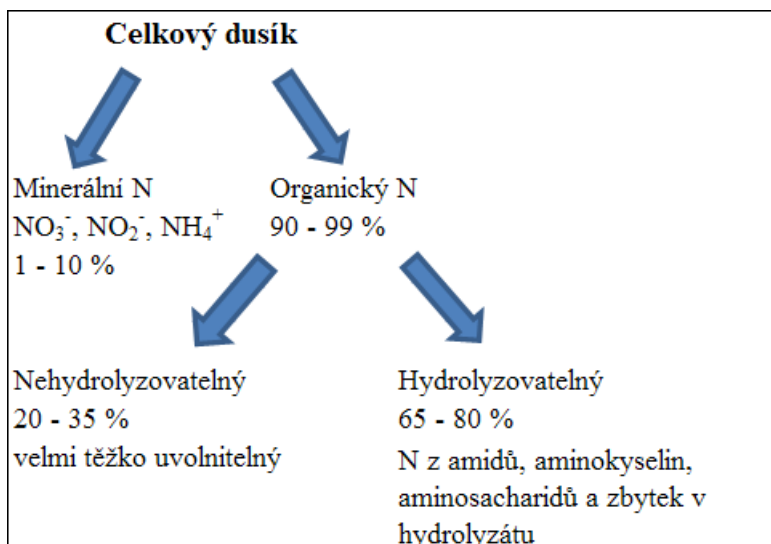
Jak uvádí Glendinning (2011), v případě pěstování chmele na nízké konstrukci lze předpokládat nižší požadavky na výživu dusíkem, jelikož tyto rostliny tvoří menší objem biomasy s nižším výnosem chmelových hlávek.

Rychlost fotosyntézy, SPAD hodnoty (Zhao a kol., 2003; Zhao a kol., 2005), vyhodnocení výnosu hlávek a jejich kvality – to jsou parametry, které mohou pomoci optimalizovat dávky dusíku v jarní výživě chmele a zhodnotit jeho vliv na nový genotyp vyšlechtěný pro nízkou konstrukci (NK).

#### **1.4.2. Dusík v půdě**

Celkový obsah dusíku v půdě se v podmínkách ČR pohybuje od 0,1 do 0,2 %. To představuje 3 000 – 6 000 kg N na jeden hektar (při hloubce ornice 30 cm). Většina dusíku v půdě je vázána ve hmotě organických sloučenin, tedy v rostlinných a živočišných zbytcích, biomase mikrobů, jejich metabolitech, vznikajících humusových látkách aj. Dusík organických sloučenin je pro rostliny nedostupný, pokud není mineralizován na minerální formy N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nebo N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Minerální formy dusíku slouží jako zdroje N pro rostliny. Ve většině půd převládá dusík nitrátový. Podíl minerálního dusíku z celkového dusíku se pohybuje mezi 5 a 10 %. Jeho obsah se mění i v průběhu vegetace, většinou vykazuje dvě maxima. Větší jarní, poté se koncentrace snižuje v důsledku odběru rostlinami a po sklizni následuje druhé, menší maximum.

Dusík je v půdě obsažen v několika frakcích, které se dají shrnout následujícím schématem na obrázku 3. Ke snadno hydrolyzovatelným frakcím patří především dusík z aminokyselin, amidů a aminosacharidů. Představuje tak potenciální zdroj N pro rostliny. Při dlouhodobé absenci organického hnojení se snižuje obsah hydrolyzovatelných frakcí N a tím i možnost dobrého zásobování rostlin dusíkem z půdní zásoby (Vaněk a kol., 2016).



Obr. 3: Schematické znázornění frakcionace N v půdě (dle Bremner, 1965)

Dusík podléhá v půdě četným přeměnám. V mineralizačních procesech je uvolňován ze snadno mineralizovatelných látek v procesu amonizace. Na tomto procesu se podílí řada aerobních i anaerobních mikroorganismů. Vytvořený  $\text{NH}_3$  je zdrojem N pro mikroflóru i rostliny. Přebytečný N je dobře sorbován sorpčním komplexem ve formě  $\text{NH}_4^+$ . Opačným procesem, kdy je minerální dusík přeměňován do organických forem, je imobilizace. Příkladem je spotřeba dusíku mikroorganismy na stavbu jejich biomasy.

V biologicky činných půdách je  $\text{NH}_3$  oxidován v procesu nitrifikace, kdy je amonný dusík postupně oxidován autotrofními mikroorganismy až na  $\text{N-NO}_3^-$ . Probíhá ve dvou stupních, nitritace (*Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrospira*) a nitratice (*Nitrobacter*). Nitrifikace je proces citlivý na teplotu (optimální 25 – 30 °C), vlhkost a pH půdy (optimální slabě kyselé až mírně alkalické) prostředí (Vaněk a kol., 2007). Jelikož je vytvořený  $\text{N-NO}_3^-$  velmi mobilní a hrozí riziko vyplavení do spodních půdních horizontů, případně denitrifikace, jsou čím dál více studovány a produkovány inhibitory nitrifikace, jejichž cílem je omezení tvorby nitrátů a prodloužení působení dusíkatých hnojiv (Semerci a Çeçen, 2007; Subbarao a kol., 2015; Vaněk a kol., 2016; Yan a kol., 2017; Ouyang a kol., 2017).

Denitrifikace je redukční proces, který probíhá za anaerobních podmínek v přítomnosti organických látek. Nejčastěji probíhá v zamokřených půdách, kdy je  $\text{N-NO}_3^-$  postupně redukován až na elementární  $\text{N}_2$ , případně oxid dusný  $\text{N}_2\text{O}$ . Pro omezení denitrifikace je vhodné, aby byl v období vegetačního klidu nitrátový dusík zastoupen v půdě v co nejmenší míře (Vaněk a kol., 2016; Ballantine a kol., 2017). Jedním z nejméně rizikových hnojiv z hlediska ztrát dusíku z půdy je síran amonný, jehož amonný dusík se v pokusech publikovaných Vaňkem a kol. (2012) nitrifikoval jen velmi pomalu.



Minerální dusík je chmelu běžně dodáván ve formě síranu amonného (21 % N) a Amofosu (12 % N, 52 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) v období kolem řezu chmele, poté v jedné nebo více dávkách v období po zavedení v době dlouhivého růstu (cca od první dekády května do počátku července) ve formě ledku amonného s vápencem, případně jiných typů ledku. Jednou za tři až čtyři roky (optimálně) v podzimním období je část potřeby dusíku doplňována organickým, případně organo-minerálním hnojením pomocí hnoje, resp. kompostu.

Existují však i jiné formy dodávání dusíku, z minerálních lze zmínit např. močovinu, DAM, Diamofos (Polidap) aj. V oblastech s dostupnou živočišnou výrobou může jít o jarní použití močůvky, případně podzimní aplikaci kejdy, v případě dostupnosti bioplynové stanice lze využít digestát a v neposlední řadě i zelené hnojení, které je u některých osvědčených pěstitelů samozřejmostí (Vent a kol., 1963; Rybáček a kol., 1980; Vaněk a kol., 2016).

Běžně bývá využíváno mimokořenové aplikace hnojiv společně s prostředky ochrany rostlin. Mechanismus vstupu živin do rostliny nadzemními orgány je podobný jako u kořenů, ovšem s některými zvláštnostmi. Překážkou příjmu živin listy je kutikula. K průniku nízkomolekulárních organických látek slouží velké množství pórů, které jsou soustředěny hlavně kolem svěracích buněk průduchů. Těmito póry pronikají snadno látky bez náboje a s malými molekulami, např. močovina. Póry jsou lemovány negativními skupinami, které usnadňují příjem kationtů, a naopak brzdí příjem aniontů. Proto jsou kationty přijímány rychleji než anionty. Průduchy samotné mají pro příjem živin malý význam. Z hnojiv používaných pro mimokořenovou aplikaci lze vyzdvihnout již zmiňovanou močovinu ve formě 2% roztoku, ale i jiné, většinou vícesložkové přípravky (např. Vegaflor – NPK + mikroprvky, Synergín - aminokyseliny, Zintrac – zinek a mnohé další). Ačkoliv je využití živin při foliární aplikaci většinou vyšší než při aplikaci do půdy, je mimokořenová výživa pouze doplňkovým zdrojem živin (Vaněk a kol., 2016).

### **1.4.3. Dusík v rostlině**

Rostliny přijímají dusík z půdy převážně ve formě kationtu amonného (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) a aniontu nitrátového (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). O příjmu rozhodují vnější podmínky, ale i sama rostlina. Významný vliv má pH půdy. V kyselejších půdách převažuje příjem nitrátové formy, v neutrálních a alkalických půdách se poměr v příjmu vyrovnává nebo převažuje příjem amonných iontů. Teplota je také významným faktorem ovlivňujícím příjem N z půdy. Při nižších teplotách se snižuje příjem i využití nitrátového N. V půdních podmínkách ČR je více přijímán dusík nitrátový. Nejen proto, že ho v půdě bývá více, ale i proto, že je mobilnější a snadno se hmotovým tokem dostává do rhizosféry (Vaněk a kol., 2016).

Rostlinami přijatý dusík je postupně využíván k tvorbě organických sloučenin. Amonný dusík může být rovnou použit k syntéze aminokyselin, nitrátový musí být nejprve redukován na dusík amonný. Redukce dusičnanů probíhá v pletivech a účastní se jí enzymy nitrátoreduktázy a významnou roli hrají také některé makro a mikroprvky (Mo, Fe, Cu, Mn, Mg). Vznikající  $\text{NH}_3$  je poté vázán do aminokyselin, které jsou základními stavebními jednotkami bílkovin. Dusík je také součástí chlorofylu, kde spolu s hořčíkem tvoří centrum této sloučeniny (Vaněk a kol., 2016).

#### **1.4.4. Agrochemické rozbory půd a biomasy**

Znalost předpokládaného odběru živin rostlinou ovšem nestačí k efektivnímu pěstování chmele. Čím dál více je zdůrazňována potřeba agrochemických analýz půd, především na jaře před aplikací první dávky hnojiv. Agrochemické analýzy půd ve chmelnicích se provádí před jarním hnojením, ovšem je možno půdu analyzovat i před přihnojováním v první polovině vegetace, případně po sklizni pro zjištění odběru živin během vegetace. Standardně se k odběru půdních vzorků používá sondovací tyč, odběr se provádí z profilu 10 – 60 cm (v závislosti na analyzovaných prvcích) v počtu 30 – 40 vpichů na maximální ploše 3 ha. Pro stanovení dusíku se odebírá půdní vzorek z horizontu 30 – 60 cm, pro stanovení ostatních základních živin, pH a obsahu humusu se odebírá profil 10 – 40 cm. Živiny jsou poté standardně stanovovány metodou Mehlich III.

Malý, Vaňousek a Andielová (2016) ze Zemědělské oblastní laboratoře v Postoloprtech zpracovali pro seminář agrotechniky chmele zhodnocení zásobenosti chmelových půd dusíkem před vegetací v letech 2001 – 2015 a také kalkulaci přibližné úspory nákladů v případě přizpůsobení dávek hnojiv aktuální zásobenosti půd. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce 5. Ta zřetelně znázorňuje rozdíly v obsahu minerálního dusíku ve chmelových půdách v závislosti na průběhu zimního období. Vysoký podíl půd s velmi nízkou zásobou dusíku v roce 2013 byl způsoben srážkově bohatou zimou na přelomu let 2012/2013, kdy se snadno mobilní dusík proplavil do spodních vrstev půdy. Obdobný průběh měla i zima 2010/2011, kdy však k nízkému obsahu dusíku v půdách přispěl i fakt, že rok 2010 byl v té době výnosově rekordní ( $1,49 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) a značné množství živin bylo odčerpáno rostlinami během vegetace. I přes osvětu pěstitelů stále zůstává poměrně vysoké zastoupení chmelnic, kde by bylo možné snížit dávku dusíku ještě výrazněji (Malý a kol., 2016).

Pro optimalizaci dávek hnojiv dodávaných během vegetace byla vypracována metoda listové diagnostiky. Podle ní se odebírají vzorky révových listů s řapíky ze střední části rostliny ve dvou termínech. Poprvé ve výšce rostlin 2 – 2,5 m (přibližně začátkem června) a poté v období butonizace (přibližně v polovině července). Po odběru jsou vzorky analyzovány a na základě výsledků je upraveno

doplňkové hnojení buď do půdy, nebo mimokořenovou výživou, především ve spojení s postřiky ochrany proti chorobám a škůdcům (Šnobl a Hradecká, 2000).

Tab. 5: Jarní zásobenost chmelových půd minerálním dusíkem a přibližná úspora nákladů za hnojiva (Malý a kol., 2016).

Obsah anorganického dusíku v % zastoupení z prozkoušené plochy					
Obsah N <sub>min</sub> (mg.kg <sup>-1</sup> )*	VN	N	S	D	V
	do 15	16 - 30	31 - 40	41 - 55	nad 55
2001 - 2008	30	23	11	12	24
2009	8	17	15	16	44
2010	18	22	14	14	32
2011	71	22	3	3	1
2012	16	30	15	14	25
2013	57	21	6	7	9
2014	20	50	19	8	3
2015	13	47	20	14	6
Odpočet v kg N.ha <sup>-1</sup>	0	-30	-70	-110	-130
Úspora v Kč.ha <sup>-1</sup>	0	-600	-1400	-2200	-2600

\* VN – velmi nízký, N – nízký, S – střední, D – dobrý, V – vysoký

#### 1.4.5. Vliv dusíku na morfologii chmele

Kořen (2007) se věnoval vlivu různých úrovní výživy dusíkem na morfologické změny odrůdy Agnus. Vyzoroval, že se stoupajícími dávkami minerálního dusíku se oddaluje nástup fenologických fází, především fruktifikace a tvorba hlávek, a to v řádu dní. Dávka 200 kg N.ha<sup>-1</sup> znamenala opoždění kvetení o 5 – 7 dní oproti variantě s dávkou 100 kg N.ha<sup>-1</sup>. Zpozoroval také zřetelné rozdíly v habitu rostlin. Rostliny varianty s nejnižší dávkou dusíku (100 kg N.ha<sup>-1</sup>) vykazovaly válcovitý tvar, kratší plodonosné pazochy a řidší, ale rovnoměrné nasazení hlávek. Varianta střední dávky N – hnojiv (200 kg N.ha<sup>-1</sup>) se vyznačovala zesíleným habitem rostlin, prodloužením pazochů, zvýšilo se také nasazení hlávek a změnila se jejich distribuce ve prospěch horní třetiny rostliny. Nejvyšší dávka 400 kg N.ha<sup>-1</sup> se projevila dlouhými pazochy, řídkým nasazením hlávek a jejich distribucí především v horní třetině rostliny. Výsledky disertační práce potvrzují dříve stanovené zákonitosti uváděné např. Ventem a kol. (1963), Rybáčkem a kol. (1980) a dalšími.

## 1.5. Fyziologie chmele

### 1.5.1. Fotosyntéza

Fotosyntéza je jeden ze základních rostlinných fyziologických procesů a jeden z faktorů ovlivňujících kvalitu a hospodářský výnos rostlin. Procesy fotosyntézy se dělí na primární – fotochemické, které jsou přímo závislé na světle, sekundární – enzymatické, které na světle bezprostředně závislé nejsou, a procesy difuze umožňující výměnu oxidu uhličitého a kyslíku mezi chloroplasty a atmosférou. Při fotosyntéze je energie slunečního záření absorbována a přeměňována na energii chemických vazeb. Každý mol oxidu uhličitého přijatý rostlinou znamená zisk potenciální energie odpovídající 477 kJ (Larcher, 1988).

Primární procesy fotosyntézy jsou založeny na absorpci světelného záření a využití jeho energie k přenosu elektronů. Sekundární procesy zajišťují fixaci oxidu uhličitého do organických sloučenin, přičemž vznikají karboxylové skupiny a redukují se (redukovaným koenzymem za spotřeby adenosintrifosfátu (ATP) ze světelné fáze fotosyntézy) na skupiny aldehydové (Procházka a kol., 1998).

Chmel začíná asimilovat v době rašení výhonů, rychlost fotosyntézy se postupně zvyšuje. Aktivní bilance fotosyntézy a transpirace (tzv. čistý výkon fotosyntézy = net assimilation rate – NAR) vede ke dlouhivému růstu a zvětšování jednotlivých rostlinných orgánů. Nejvýznamnějšími orgány chmele z hlediska asimilační aktivity jsou révové a pazochové listy. Listy s vysokou fotosyntetickou aktivitou jsou charakteristické vysokým počtem průduchů, hustou žilnatinou a vícevrstevným palisádovým parenchymem. Kromě posledního znaku (palisádový parenchym listů chmele je jednovrstevný) listy chmele tyto atributy splňují. Počet průduchů je v porovnání s ostatními rostlinami naší oblasti velmi vysoký, především pak na spodní straně listů, kde je přibližně 400 stomat na mm<sup>2</sup>. Listy chmele tudíž vykazují velmi intenzivní látkovou výměnu s okolním prostředím a metabolismus (Hniličková a kol., 2001). Larcher a kol. (1995) uvádí, že přechod z vegetativní do generativní fáze vede k významným změnám v enzymatické aktivitě a posunu v distribuci asimilátů, čímž se zvyšuje intenzita fotosyntézy.

### 1.5.2. Faktory ovlivňující rychlost fotosyntézy

V historii bylo publikováno mnoho studií sledujících vztah mezi vnějšími faktory prostředí a rychlostí fotosyntézy. Mezi nejvýznamnější environmentální činitele patří teplota a sluneční záření (Berniger, 1994; Wheeler a kol., 2000), dostupnost vody (Hniličková a Hnilička, 2008; Keenan a kol.,

2010; Álvarez a kol., 2011), koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře (Reddy a kol., 1994; Fleisher a kol., 2008) a kultivace (Pokorný a kol., 2011).

Teplota a světlo mají rozhodující vliv na vývoj rostlin, jsou také důležitými faktory tvorby výnosu a kvality produktů. Vysoké či nízké teploty v souvislosti s nedostatečnými zásobami vody působí za přírodních světelných podmínek fotoinhibičně. Pokud teplota dosáhne extrémních hodnot nepřiměřených dané roční době, které odpovídá i ontogenetická fáze rostliny, a současně nemá rostlina dostatek vody, dochází k inhibici fotosyntézy (Sorrentino a kol., 1997; D'Ambrosio a kol., 2006). 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 (Epron, 1997).

Dostupnost půdní vody je z hlediska fotosyntézy limitujícím faktorem (Keenan a kol., 2010). Regulace fotosyntézy i transpirace je zajištěna kontrolním mechanismem v podobě zpětné vazby průduchů. 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; Jupa a kol., 2016).

Mezi významné vnitřní faktory patří výživný stav rostliny, s ním související velikost listové plochy a její uspořádání na rostlině, vnitřní stavba listu a kvalita plastidových barviv, umístění a počet průduchů aj. (Vent a kol., 1963).

Obecně se udává, že množství energie zachycené a využitá rostlinou k fotosyntéze je menší než 1 %. U většiny rostlin je však tato relativní hodnota ještě nižší, využitelnost světelného záření k asimilaci se pohybuje kolem 0,1 – 0,4 %. V oblasti FAR bývá 6 – 12 % záření odraženo a 10 – 20 % listem prochází bez využití (Nátr, 1998; Hnilíčková a Novák, 1999; Whitmarsh a Govindjee, 1999).

Na obrázcích 4 a 5 je zachycen stav porostu a měření rychlosti fotosyntézy a transpirace v prvním termínu roku 2015.

### **1.5.3. Možnosti ovlivnění rychlosti fotosyntézy**

Způsoby, jakými lze dle Venta a kol. (1963) zvýšit intenzitu fotosyntézy:

- 1) volba vhodného sponu, který dovoluje co nejlepší přístup slunečního záření do porostu. (Tohoto způsobu lze využít v poslední době především u odrůd Kazbek a Saaz Late, které svým mocným habitem v klasickém sponu 300 x 100 cm vytváří opticky neprostupný strop (tzv. boudy), prorůstají mezi sebou v meziřadí a obtížně se sklízí – pozn. autora),
- 2) při procesu šlechtění vybírat takové rostliny, které mají z hlediska habitu vhodně rozestavěné pazochy a listy k co nejvyššímu využití světelného záření,
- 3) zabezpečit správným způsobem výživy dostatek všech elementů.

Jedním ze způsobů, kterým lze docílit lepšího prosvětlení porostu, je ruční protrhávání listů. Tato praxe je využívána ve Velké Británii, kdy pěstitelé v průběhu vegetace (červenec, srpen) provádí manuální defoliaci. Dle Glendinninga (2011; 2016, pers. comm.) nemá snížení listové plochy negativní vliv na výnos a kvalitu chmelových hlávek, naopak se projevuje pozitivně. Dle publikovaných údajů i osobní komunikace přímo ve šlechtitelských porostech p. Glendinninga se tímto zásahem zvýší výnos o 20 i více procent. Přičítat to lze vyšší asimilační aktivitě na zbývajících listech v důsledku většího prosvětlení porostu a snížení koncentrace inhibičních látek, především kyseliny abscisové (Vent, 2010b). V selekci a šlechtění nových odrůd ve Velké Británii také probíhá výběr dle tohoto kritéria, tj. šlechtitelé preferují menší počet menších révových listů. I z toho důvodu působí nové anglické odrůdy dojmem slabšího habitu, oproti tradičním středoevropským odrůdám.



Obr. 4: Měření fotosyntézy na PG1428.



Obr. 5: Pokusná NK s genotypem PG1428 před zatravněním.

#### 1.5.4. Měření rychlosti fotosyntézy

Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace se nejčastěji provádí gazometrickou metodou, kdy je v uzavřené expoziční komůrce měřena změna koncentrace oxidu uhličitého a vodní páry. K měření těchto fyziologických parametrů v polních podmínkách se nejčastěji používá komerční přenosný infračervený analyzátor LC nebo LCA (Vent, 2010b). Pro účely této práce byl využit přístroj LCpro+ a LCpro SD (ADC BioScientific Ltd., UK), který je schopen do expoziční komůrky o rozměrech 2x2

cm emitovat záření o vlnových délkách 400 – 700 nm s hustotou ozáření 0 - 2000  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  při teplotě -5 až +50 °C. LCpro+ byl použit v prvním roce měření, ve druhém a třetím roce byl použit LCpro SD, který se od LCpro+ liší použitým záznamovým zařízením pro naměřená data.

### 1.5.5. SPAD měření

Měření listů přístrojem SPAD je rychlá a orientační metoda ke stanovení aktuálního výživného stavu rostliny, jejímž výsledkem je bezrozměrné číslo. Tzv. chlorofylmetrická měření jsou rychlá, nenáročná, avšak méně přesná než laboratorní analýzy biomasy (Šnobl a Hradecká, 2000). Xiong a kol. (2015) uvádí, že tohoto měření může být využito k porovnávání diferencí mezi rostlinami stejného druhu, avšak mezidruhové porovnávání není proveditelné z důvodu jiné stavby a struktury listu. Šnobl a Hradecká (2000) konstatují, že SPAD hodnoty jsou vhodným indikátorem výživného a celkového stavu porostu chmele, avšak upozorňují, že z tříletých výsledků jejich pokusu na různých lokalitách a různých odrůdách z let 1997 – 1999 nevyplývá korelace mezi obsahem dusíku v listech chmele a hodnotou SPAD

Korelace se však projevila u ostatních makroprvků. Výsledkem experimentu je tabulka 6, ve které jsou shrnuty optimální a minimální hodnoty SPAD, při jejichž dosažení je vhodné provést upřesňující laboratorní analýzy biomasy. Měření I odpovídá termínu prvního odběru listů k analýzám biomasy, tj. při výšce rostlin 2 – 2,5 m (začátek června) a druhý termín měření odpovídá fázi butonizace, tj. polovina července.

Tab. 6: Optimální a minimální hodnoty chlorofylových jednotek.

Měření	Hodnota	SPAD 502
I.	Optimální	33 - 40
	Minimální	31 - 33
II.	Optimální	44 - 50
	Minimální	42 - 44

## 1.6. Obsahové látky chmele

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) je rostlinou pěstovanou pro své sekundární metabolity, především pro hořké kyseliny; alfa a beta-hořkou kyselinu. Přibližně 98 % světové produkce chmele je

využíváno pro pivovarnictví (Fandiño a kol., 2015). Chmel obsahuje velké množství komponent, ne všechny se však uplatňují v technologii a ve finálním výrobku (Rybáček a kol., 1980).

Hlavními látkami obsaženými v hlávkách chmele jsou chmelové pryskyřice, třísloviny, silice, další doprovodné látky a samozřejmě voda (Rybáček a kol., 1980).

### 1.6.1. Chmelové pryskyřice

Pivovarsky nejcennějšími látkami chmele jsou pryskyřice, jelikož jsou zdrojem hořkosti piva. Je to směs velmi těžko rozpustných látek. Pryskyřice se dělí na měkké a tvrdé. Mezi měkké pryskyřice patří  $\alpha$ -hořké kyseliny,  $\beta$ -hořké kyseliny,  $\gamma$ -hořké kyseliny,  $\delta$ -hořké kyseliny a  $\varepsilon$ -pryskyřice, kam se řadí dosud nespecifikované pryskyřice. Do složky tvrdých pryskyřic patří  $\gamma$ -pryskyřice a  $\delta$ -pryskyřice.

Nejvýznamnější složkou *měkkých pryskyřic* jsou  $\alpha$ -hořké kyseliny (humulony). Jsou to opticky aktivní látky, jejichž oxidací vznikají  $\gamma$ -kyseliny (humulinony). Hořkost  $\gamma$ -kyselin je podstatně nižší. Konečným stupněm oxidace  $\alpha$ -hořkých kyselin jsou  $\delta$ -pryskyřice. Jejich hořkost se pohybuje mezi 15 – 20 % hořkosti  $\alpha$ -hořkých kyselin. Původní  $\beta$ -hořké kyseliny nejsou hořké a opticky aktivní. Jejich oxidací vznikají  $\delta$ -kyseliny (hulupony), které již hořké jsou a podílejí se významně (přibližně z 30 – 50 %) na celkové hořkosti piva. Další oxidací vznikají  $\gamma$ -pryskyřice, které jsou nerozpustné a snižují pivovarskou hodnotu chmele. Žatecký poloraný červeňák je charakteristický (pro jemně aromatické chmele) typickým zastoupením  $\alpha$ -hořkých kyselin a  $\beta$ -frakce (komplex měkkých pryskyřic bez  $\alpha$ -hořké kyseliny) v poměru 0,6 – 1,0. Podobným poměrem  $\alpha$ : $\beta$  je charakteristická odrůda Saaz Late (Žatecký pozdní) a Bohemie. Ostatní české hybridní odrůdy však mají tento poměr vyšší, tzn. obsahují více  $\alpha$ -hořkých kyselin než  $\beta$ -frakce.

*Tvrde pryskyřice* byly dlouho považovány za nevyužitelné v pivovarnictví, až později se prokázalo, že tzv.  $\delta$ -pryskyřice jsou dobře rozpustné a hořké. Jejich podíl na celkové hořkosti piva je však nejmenší a závislý na obsahu této frakce v původním chmelu. Hořkost  $\delta$ -pryskyřic je z kvalitativního hlediska hrubší, drsnější.

Z hlediska kvantitativního se nejvíce uplatňují  $\alpha$ -hořké kyseliny, následně  $\beta$ -frakce a nakonec skupina  $\delta$ -pryskyřic. Z hlediska kvalitativního pak  $\beta$ -frakce (neboť dodává pivu jemnou a stálou hořkost), poté  $\alpha$ -hořké kyseliny a nakonec  $\delta$ -pryskyřice.  $\alpha$ -hořké kyseliny jsou velmi málo rozpustné a až při intenzivním varu dochází k jejich transformaci na iso- $\alpha$ -kyseliny, jež jsou velmi dobře rozpustné s intenzivní hořkostí. Původní  $\beta$ -hořké kyseliny při chmelovaru netransformují, ale jejich polymerací a oxidací vznikají hořké a dobře rozpustné produkty (Čepička, 1978; Rybáček a kol., 1980; Kao a Wu, 2013).



### **1.6.2. Chmelové třísloviny (polyfenoly)**

Směs těchto látek polyfenolového typu je další pivovarsky důležitou složkou chmele. Jsou to látky dobře rozpustné, reagující se sladovými bílkovinami. Mají příznivý vliv na říz piva, i na samotný proces chmelovaru. Vytváří komplexy s bílkovinami a hořkými látkami, čímž stabilizuje hořkost piva (Rybáček a kol., 1980). Od počátku nového tisíciletí vědci zkoumají způsob využití nejvíce zastoupeného polyfenolu, prenylflavonoidu xanthohumolu (ačkoliv je z chemického hlediska považován za přechodnou látku mezi pryskyřicemi a polyfenoly). V experimentálních studiích se ukazuje, že má široké biochemické (antioxidační, antimikrobiální aj.), ale především antikarcinogenní vlastnosti. Xanthohumol, ale především jeho izomer isoxanthohumol, inhibují dělení poškozených buněk a indukují jejich zánik u různých typů rakoviny, např. leukémie, rakoviny mozku, vaječníků, prsů, tlustého střeva nebo prostaty (Sławińska-Brych a kol., 2016), zároveň mají vysokou antioxidační aktivitu, díky které inhibují oxidaci nízkodenzitního lipoproteinu (LDL – low density lipoprotein) a chrání tak proti ateroskleróze, infarktu a jiným cévním chorobám (Hofta a kol., 2004).

### **1.6.3. Chmelové silice**

Silice jsou směsí uhlovodíků a kyslíkatých terpenů, z nichž nejvýznamnější jsou humulon, myrcen, farnesen a karyofylen, patřící do uhlovodíkové frakce, a geraniol a terpinol, patřící do frakce kyslíkaté. Obsah silic v hlávkách českých chmelů se pohybuje od 0,4 – 0,8 % v jemně aromatických odrůdách (ŽPČ), až do 3 % u odrůd vysokoobsažných (Agnus). Silice jsou prakticky nerozpustné ve vodě, ale snadno těkají s vodní parou. Přibližně 90 % silic vytěká již během chmelovaru, zbývající část se ztrácí během kvašení a dokvašování, čili ve vyzrálém pivu se již nenachází. Uplatňují se při sensorickém posuzování chmele v zeleném (čerstvém/sušeném) stavu, kdy lze rozpoznat různé druhy aroma chmele (Rybáček a kol., 1980; Nesvadba a kol., 2012). To však platí pouze u tradičních spodně kvašených piv plzeňského typu. U speciálních druhů piv se silice v pivu uplatňují, pokud je chmel přidán za studena k přenesení specifických vůní tzv. „flavour hops“, neboli ovoněných/voňavých chmelů. Tyto odrůdy přenesou svá specifická aromata (jako je např. citrusové, květinové, ovocné, kořenité, zemité, trávovité aj.) do výsledného produktu, v němž se pak, především ve vůni piva, projeví (Donaldson a kol, 2012).

### **1.6.4. Doprovodné látky**

Kromě již zmíněných látek obsahuje chmel mnoho dalších, jako jsou cukry, dusíkaté látky, lipidy, těžké kovy atd. Neovlivňují však významně kvalitu piva. Těžké kovy se do chmele dostávají

především jako součást přípravků ochrany rostlin, ale při výrobě mladiny jsou většinou adsorbovány do hořkých kalů. Při intenzivnější úrovni výživy dusíkem může dojít ke zvýšené koncentraci dusičnanů, která se může projevit v činnosti kvasinek, kdy některé mikroorganismy mohou redukovat dusičnany na dusitany, které jsou pro kvasinky toxické. Ostatní dusíkaté látky jsou především proteiny nebo jejich rozkladné produkty. Významně neovlivňují kvalitu piva, avšak při reakci s cukry vznikají produkty zvýrazňující jeho barvu (Rybáček a kol., 1980).

### **1.6.5. Dusičnany**

Jednou ze skupin doprovodných látek, které se vyskytují v hlávkách chmele, jsou dusičnany. Patří mezi nežádoucí kontaminanty, jejichž obsah výrazně ovlivňuje nejen technologii, ale i kvalitu hotového piva. Potenciální toxicita vyšší hladiny dusičnanů spočívá v tom, že za určitých podmínek mohou redukovat na dusitany, které jsou jednak samy původci zdravotních poruch, jednak mohou být přeměňovány na N-nitrosaminy s prokazatelně karcinogenními účinky. Nelze vyloučit ani možnost akumulace v organismu (Čepička a Dostálek, 1994). V nízkých koncentracích a neredukujícím prostředí nejsou pro dospělého člověka škodlivé. Na rozdíl od amoniaku a dusitanů nejsou nitráty pro rostliny toxické, a proto se v nich mohou hromadit i ve značném množství. K rostlinám s přirozenou vysokou kumulací dusičnanů patří i chmel, přičemž nejvíce nitrátů obsahují hlávky. V závislosti na povětrnostních a půdních podmínkách pěstování se obsah dusičnanů ve chmelových hlávkách pohybuje převážně v rozmezí 0,5 – 1,5 % hm., tj. 5 000 až 15 000 mg.kg<sup>-1</sup>. Stanovení dusičnanů ve chmelu se dnes standardně provádí kapalinovou chromatografií ve filtrátu horkovodního výluhu chmele. Při své velmi dobré rozpustnosti ve vodě přechází dusičnany snadno při chmelovaru do mladiny a posléze i do piva (Krofta a Hautke, 1994a, b; Ježek a kol., 2015). Množství dusičnanů přítomných v pivu se pohybuje pod 50 mg.l<sup>-1</sup>, tj. limitní hodnotou pro obsah dusičnanů v pitné vodě stanovenou vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. Při srovnání obsahu s jinými potravinami lze konstatovat, že ohrožení zdraví dusičnany obsaženými v pivě nehrozí (Anonym, 1994; Mergl a Blažík, n.d.).

## 2. Hypotézy DDP

1. Úroveň výživy dusíkem ovlivňuje nástup vegetačních projevů chmele i nových odrůd vhodných pro nízké konstrukce.
2. S vyšší úrovní výživy dusíkem se zvyšuje hodnota chlorofylmetrických jednotek (SPAD) a rychlost fotosyntézy listů chmele.
3. Rychlost fotosyntézy nového genotypu chmele je v přímé úměře k hospodářskému výnosu chmele.
4. Úroveň výživy dusíkem ovlivňuje nasazení hlávek, jejich hmotnost a tím i hospodářský výnos chmele na nízké konstrukci.
5. Vhodnou úrovní výživy dusíkem lze zvýšit kvalitu chmelových hlávek (HPLC, stanovení dusičnanů).

## 3. Cíle DDP

1. Porovnat jednotlivé varianty výživy a stanovit optimální dávku N z hlediska nejvyšší rychlosti fotosyntézy a hodnoty chlorofylových jednotek.
2. Porovnat výnosy suchých hlávek sklizených z porostů jednotlivých variant a stanovit nejvhodnější množství dusíkatých hnojiv pro dosažení nejvyššího výnosu.
3. Ověřit vztah mezi rychlostí fotosyntézy a výnosem rostliny.
4. Zjistit, zda mají sledované změny výživy vliv na množství a kvalitu pivovarsky cenných, ale i nežádoucích látek obsažených v hlávkách chmele.

## 4. Metodika

Výzkum byl koncipován jako polní pokus, který v letech 2015 až 2017 probíhal na chmelnicích Chmelařského institutu, s. r. o., na jeho Účelovém hospodářství ve Stekníku u Žatce.

Laboratorní analýzy biomasy a půdních vzorků provedla Laboratoř Postoloprty, s. r. o., Postoloprty, dříve známá jako Zemědělská oblastní laboratoř, s.r.o.

Laboratorní analýzy hlávek chmele provedlo Oddělení chemie Chmelařského institutu, s. r. o., v Žatci.

Výzkum byl financován z projektů TAČR, č. TA03021046 "Výzkum a vývoj technologie a strojů pro pěstování chmele na nízkých konstrukcích"

a

MZe, č. RO1486434704 "Výzkum kvality a produkce českého chmele z hlediska konkurenceschopnosti a klimatických změn. – Dlouhodobá koncepce rozvoje výzkumné organizace".

### Lokalizace pokusných ploch

Experimenty v rámci DDP proběhly na chmelnicích Chmelařského institutu, s.r.o., resp. jeho Účelovém hospodářství Stekník v katastru obce Stekník u Zálužic ve chmelařské oblasti Žatecko. Z hlediska charakteru pěstování chmele, kdy se jedná o trvalou kulturu, není možné zajistit shodné podmínky pro všechny testované porosty, jako např. stáří porostu, stejná lokalita, stejná agrotechnika apod. I v případě založení porostů před zahájením pokusu by byly výsledky všech parametrů sledování značně zkreslené, protože rostliny chmele se dostávají do plné výkonnosti až ve druhém a třetím roce pěstování. K pokusům tak byly použity již dospělé porosty.

K pokusu byly vybrány následující chmelnice:

1) Nízká konstrukce (NK) místního označení „*Za Pepičkem*“, plocha cca 0,39 ha, osázena spektrem různých ověřených a nových genotypů, včetně nového genotypu s pracovním označením PG1428, BPEJ 12112 – regozem se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu 10 – 25 %. Do započetí pokusu byla chmelnice využívána v rámci projektu Eureka na šlechtění české odrůdy chmele pro nízké konstrukce. Porost byl využíván spíše extenzivně, meziřadí zapleveleno, kultivace proběhla pouze na začátku pokusu pro odstranění plevelů. Po započetí experimentu bylo meziřadí zatravněno, což ovšem nebylo vhodné z hlediska využití živin z dodaných hnojiv, která by měla být optimálně zapravena do půdy. Z praktického hlediska, kdy se ve většině nízkých konstrukcí v cizině (Velká Británie, USA) využívá ozelenění meziřadí, však bylo zvoleno tohoto způsobu pěstování, aby byly simulovány reálné podmínky v provozu.

2) Nízká konstrukce (NK) místního označení „*Zimmermann VIII*“, plocha cca 0,84 ha, osázena odrůdou Sládek určenou pro vysokou konstrukci, BPEJ 12112 – regozem se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu 10 – 25 %. Před začátkem pokusu byl tento porost využíván k ověření výnosových a kvalitativních parametrů převážně českých odrůd pro vysoké konstrukce při pěstování na konstrukci nízké, probíhaly zde v menší míře výživářské pokusy s foliární aplikací hnojiv. Posledních několik let před počátkem experimentu byla chmelnice udržována v životaschopném stavu, ovšem nebyla prakticky využívána. Meziřadí bylo trvale zatravněno a agrotechnika tak byla praktikována ve stejném rozsahu, jako na chmelnici *Za Pepičkem*.

3) Vysoká konstrukce (VK) místního označení „*Zimmermann II*“, cca 2,5 ha, osázena odrůdou Sládek, BPEJ 12112 – regozem se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu 10 – 25 %. Pokus s rostlinami na vysoké konstrukci byl zasazen do produkční chmelnice, kde do zahájení pokusu každoročně probíhala intenzivní agrotechnika, hnojení i ochrana rostlin. Bohužel nebylo možné zajistit porost v podobně extenzivních podmínkách jako v případě nízkých konstrukcí, výsledky slouží pro orientační porovnání výsledků. Na podzim roku 2014, tj. podzim před zahájením pokusu, navíc došlo k aplikaci organického hnojiva v podobě chlévského hnoje v dávce 50 t.ha<sup>-1</sup>. V tabulce 7 je zobrazen přehled obsahů živin před založením pokusu.

Tab. 7: Živinový stav půd pokusných pozemků na počátku pokusu.

	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)	S-SO <sub>4</sub> (ppm)	humus (%)
PG1428	6,6	85	280	263	2230	17,4	2,2
Sládek NK	6,0	93	297	202	1680	22,3	2,3
Sládek VK	6,3	184	185	222	1960	36,8	2,0

Všechny výše zmíněné experimentální plochy byly umístěny v těsné blízkosti, vzdálenost mezi pokusnými chmelnicemi byla maximálně 200 metrů. Na těchto chmelnicích byly na jaře roku 2015 vybrány a označeny pokusné úseky. Pokus je založen na měření a zhodnocení fyziologických vlastností chmele v závislosti na odstupňovaných dávkách výživy minerálním dusíkem. Výživa ostatními prvky byla na všech variantách standardní, stejně jako agrotechnika a ochrana chmele. Na každé chmelnici byly stanoveny následující varianty: kontrolní varianta bez aplikace dusíku (ozn. 0) a varianty s dodáním 60 kg (ozn. 60), 100 kg (ozn. 100), 140 kg (ozn. 140) a 180 kg (ozn. 180) dusíku bez ohledu na půdní zásobu po zimním období. Ta byla stanovována analýzou odebraných půdních vzorků, tedy obsah minerálního a lehce hydrolyzovatelného dusíku. Stanovení nitrátového dusíku probíhalo dle metodiky ÚKZÚZ JPP Analýza půd III 2011, kap. 2.2.1, kap. 2.2.4, stanovení amonné frakce dle ÚKZÚZ JPP Analýza půd III 2011, kap. 2.2.1, kap. 2.2.7. Obsah hydrolyzovatelného dusíku byl stanoven dle metodiky publikované Nedvědem a kol. (2008), kdy je zemina usušena při 40 °C, 10 g odváženo do 100 ml extrakční baňky se zpětným chladičem, poté je zalita 50 ml destilované vody a mírně vařena po dobu jedné hodiny. Poté je vzorek odstředěn a ve výluhu je stanoven obsah minerálního dusíku. V každém roce měření tak rostliny měly k dispozici různý obsah dostupného dusíku v závislosti na půdní zásobě po zimě. Díky tomu lze stanovit průměrnou dávku dusíkatých hnojiv pro praktické využití, jelikož zdaleka ne všichni pěstitelé si nechávají analyzovat půdu ve svých chmelnicích.

### Aplikace hnojiv

První dávka byla ručně dodána v období okolo řezu chmele na vysokých konstrukcích (třetí dekáda března/první dekáda dubna) ve formě síranu amonného - SA (21 % N) a druhá před přiorávkou (cca 20. 5. – 20. 6.) ve formě ledku amonného s vápencem - LAV (27 % N), množství dusíku bylo mezi tyto dávky rozděleno v poměru 1:1.

### Fyziologická měření

V pokusu byla sledována rychlost fotosyntézy a transpirace, obsah chlorofylu (diference mezi variantami pomocí měření chlorofylmetrem SPAD, ne laboratorní stanovení chlorofylu), změny v obsahu dusíku v listech v průběhu vegetace a změny v obsahu minerálního dusíku v půdě. Ke stanovení obsahu dusíku v listech byly v pravidelných dvou až třítýdenních intervalech odebírány vzorky biomasy, tj. révové listy. Po dosažení a překročení  $\frac{3}{4}$  výšky konstrukce odebírané ze spodní poloviny výšky konstrukce (cca 1 až 1,5 m). Rychlost fotosyntézy a transpirace byla měřena komerčním infračerveným přístrojem LCpro SD (ADC BioScientific, Ltd.) jen na novém genotypu PG1428. Pro získání srovnatelných dat ve všech termínech měření bylo upraveno mikroklíma v měřicí komůrce, do níž bylo emitováno záření  $600 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  a udržována teplota  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ . Každý list byl měřen 8 – 9 minut, kdy první tři minuty byly z vyhodnocení vyjmuty. Ke statistickému vyhodnocení byly použity záznamy z 4. – 8. minuty měření, tj. 5 hodnot. Během každého měření bylo protestováno 6 listů z každé varianty. List, který se svými hodnotami nejvíce odlišoval od ostatních, byl ze statistického vyhodnocení vyloučen. Měření diference SPAD jednotek pomocí chlorofylmetru Konica Minolta SPAD-502Plus probíhalo u všech variant (20 listů v každé variantě), stejně jako měření a sledování dalších parametrů. Ve sklizni byl vyhodnocován výnos hlávek u jednotlivých variant, poměr mezi hlávkami a vegetativní částí rostliny a laboratorní analýzou stanovena kvalita hlávek (obsah alfa-hořkých kyselin a obsah dusičnanů). K vyhodnocení hospodářského výnosu na nízké konstrukci bylo ořesáno 20 rostlin z každé varianty, hmotnost hlávek je vydělena počtem rév a poté je teoretický výnos vypočítán dle předpokládaného sponu rostlin a optimálního počtu zavedených rév z rostliny (tj. spon  $300 \times 100 \text{ cm}$ , tedy 3 333 rostlin na ha, a počet zavedených rév z rostliny (6) na plochu 1 ha. U rostlin na vysoké konstrukci bylo ořesáno 20 rostlin, hmotnost vydělena počtem rév a výsledek přepočten na počet rostlin (3 333) a optimální počet zavedených rév (3+2) na plochu 1 ha.

### Charakteristika odrůdy Sládek

Odrůda Sládek byla získána výběrem z hybridního potomstva šlechtitelského materiálu, v původu jsou odrůdy Northern Brewer a Žatecký poloraný červeňák. Jako perspektivní genotyp (aromatického typu) byl registrován v roce 1987 pod názvem VÚCH 71 a od roku 1994 je registrován jako Sládek.

Název získal pro svůj vliv na vyváženou hořkost a příjemné chmelové aroma piva. Má jemné chmelové aroma, jako aromatická odrůda je využívána především pro druhé chmelení (Nesvadba a kol., 2012). Přehled látkového složení odrůdy Sládek je uveden v tabulce 8.

Tab. 8: Látkové složení odrůdy Sládek.

Chmelové pryskyřice		Chmelové silice	
celkové (% hm.)	17 - 24	obsah (g.100 g <sup>-1</sup> )	1,0 - 2,0
alfa-kyseliny (% hm.)	4,5 - 8	myrcen (% rel.)	35 - 50
beta-kyseliny (% hm.)	4,0 - 7,0	α-humulen (% rel.)	20 - 40
poměr α/β	0,7 - 1,3	β-karyofylen (% rel.)	9 - 14
		β-farnesen (% rel.)	< 1,0

Chmelové polyfenoly	
celkové (% hm.)	3,5 - 5,0
xanthohumol (% hm.)	0,5 - 0,75
DMX (% hm.)	0,1 - 0,2

### Charakteristika genotypu PG1428

Genotyp PG1428 byl získán v Anglii z částečně neznámého křížení s matečnou odrůdou Sovereign, poté byl introdukovan do podmínek ČR a po testování zařazen do registračních pokusů. Antokyanové zbarvení révy je střední, délka bočních výhonů z prostřední i horní třetiny rostliny je střední.

Vyznačuje se ranou sklizňovou zralostí a malými, zřetelně otevřenými hlávkami s nízkým obsahem silic (tab. 9). Listeny hlávky jsou krátké. Je tolerantní k peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*) a padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*). Vůně je chmelová až kořenitá. Průměrný výnos se pohybuje na hranici 1,5 t.ha<sup>-1</sup>. PG1428 (obr. 6, 7 a 8) byl přihlášen k registraci v roce 2013 (Nesvadba, 2015a; Technický dotazník k přihlášce odrůdy ÚKZÚZ).

Tab. 9: Látkové složení genotypu PG1428.

Chmelové pryskyřice		Chmelové silice	
celkové (% hm.)		obsah (g.100 g <sup>-1</sup> )	0,3 - 0,7
alfa-kyseliny (% hm.)	4,0 - 6,0	myrcen (% rel.)	10 - 25
beta-kyseliny (% hm.)	2,0 - 3,0	α-humulen (% rel.)	20 - 30
poměr α/β	1,5 - 2,0	β-karyofylen (% rel.)	7 - 10
		β-farnesen (% rel.)	4 - 10
Chmelové polyfenoly			
celkové (% hm.)			
xanthohumol (% hm.)	0,2 - 0,25		
DMX (% hm.)	0,03 - 0,06		



Obr. 6: Pazoch s hlávkami genotypu PG1428.

Obr. 7: Zralost PG1428.



Obr. 8: Porost PG1428 před sklizní v době technologické zralosti.

### Agrotechnika pokusných ploch

Jak vyplývá z popisu porostů, agrotechnika na vysoké a nízké konstrukci se značně lišila, ovšem odpovídala reálným podmínkám pěstování v praxi. Meziřadí vysoké konstrukce bylo pravidelně kultivováno, byl prováděn řez a po zavedení následná priorávka. Naopak v trvale zatravněných meziřadích nízkých konstrukcí bylo dle potřeby prováděno mulčování travního porostu, vůbec tak



nedocházelo k obracení svrchní vrstvy půdy. To mělo za následek teoreticky horší využití živin z dodaných hnojiv.

Na základě komplexního rozboru na obsah makroprvků v půdě před založením pokusu byla aplikována základní dávka fosforečných a draselných hnojiv. Byl dodán granulovaný trojitý superfosfát v dávce  $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  ( $43,7 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a draselná sůl v dávce  $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  ( $275 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Bylo počítáno s tím, že tato zásoba vydrží rostlinám po celou dobu trvání experimentu. Vápnění provedeno nebylo, pH všech ploch se pohybovalo v optimálním rozmezí 6,5 – 7, a zásoba vápníku byla hodnocena jako střední až dobrá. Podobně byl hodnocen i obsah hořčíku. Potřeba síry byla pokryta zčásti superfosfátem, u hnojených pokusných variant pak především aplikací síranu amonného.

PG1428 byl ořezán v termínech 13. 5. 2015, 11. 5. 2016 a 12. 5. 2017. Sládek na nízké konstrukci musel být z důvodu omezení přerůstání řezán v pozdním termínu ve třetí dekádě května, tj. 22. 5. 2015, 23. 5. 2016 a 22. 5. 2017. U PG1428 byl řez proveden s uspokojivým výsledkem, u Sládka však došlo i po řezu k rozrůstání postranních výhonů směrem do meziřadí, které byly následně během vegetace likvidovány mulčováním. Sládek na vysoké konstrukci byl řezán ve standardních termínech, tj. 23. 3. 2015, 31. 3. 2016 a 27. 3. 2017.

#### Termíny odběrů vzorků pro analýzy, zpracování dat

Během experimentu byly každoročně odebírány vzorky půd a biomasy pro analýzy, stejně tak byly každoročně aplikovány vypočtené a odvážené dávky hnojiv tak, aby množství minerálního dusíku odpovídalo množství, dle které byly stanoveny pokusné varianty. Přehled termínů jednotlivých odběrů a aplikací je shrnut v tabulce 10.

V mezivegetačním období byly vyhodnocovány veškeré laboratorní analýzy (EBC 7.7, Stanovení chmelových pryskyřic vysokotlakou kapalinovou chromatografií; Stanovení obsahu dusičnanů kapalinovou chromatografií), výsledky měření a proběhlo zpracování získaných dat. Statistické vyhodnocení a grafy byly zpracovány pomocí softwarů Statistica 12 (Statsoft, TIBCO) a Excel (Microsoft). Pro testování statistických hypotéz byl zvolena analýza rozptylů (ANOVA), v případě prokázání difference mezi jednotlivými soubory byl pro vyčíslení rozdílu rozptylů použit Tukey HSD test. Před samotnou analýzou rozptylů byla data otestována Grubbsovým testem na přítomnost extrémních hodnot v souborech, které byly pro zmenšení chyby testování vyřazeny. Pro zjištění závislosti byl vypočítán Pearsonův korelační koeficient a koeficient determinace. Veškerá data byla statisticky testována na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Tab. 10: Termíny odběrů vzorků půd a biomasy, aplikace hnojiv

2015		2016		2017	
8.4.	odběr půdních vzorků I	30.3.	odběr půdních vzorků I	16.3.	odběr půdních vzorků I
10.4.	aplikace - síran amonný	4.4.	aplikace - síran amonný	5.4.	aplikace - síran amonný
22.5.	odběr půdních vzorků II	6.6.	odběr půdních vzorků II	8.6.	odběr půdních vzorků II
26.5.	aplikace - ledek amonný s vápencem (LAV)	8.6.	aplikace - ledek amonný s vápencem (LAV)	8.6.	aplikace - ledek amonný s vápencem (LAV)
22.6.	odběr biomasy I	21.6.	odběr biomasy I	19.6.	odběr biomasy I
1.7.	odběr biomasy II	11.7.	odběr biomasy II	3.7.	odběr biomasy II
15.7.	odběr biomasy III	22.7.	odběr biomasy III	18.7.	odběr biomasy III
6.8.	odběr biomasy IV	8.8.	odběr biomasy IV	4.8.	odběr biomasy IV
16.9.	odběr hlávek pro analýzy	19.9.	sklizeň NK	18.9.	sklizeň NK
13.10.	odběr půdních vzorků III	17.10.	odběr půdních vzorků III	12.10.	odběr půdních vzorků III

Tab. 11: Časový harmonogram prací ve vegetační sezoně.

3. dekáda II. – 2. dekáda III.	Odběr půdních vzorků, ruční dodání první dávky hnojiva – SA
IV.	Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace, obsahu chlorofylu, odběry biomasy listů (dvoutýdenní intervaly – dle počasí)
1. – 2. dekáda V.	Odběr půdních vzorků, ruční dodání druhé dávky hnojiva - LAV
V.	Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace, obsahu chlorofylu, odběry biomasy listů (cca dvoutýdenní intervaly – dle počasí)
VI.	Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace, obsahu chlorofylu, odběry biomasy listů (cca dvoutýdenní intervaly – dle počasí)
VII.	Měření rychlosti fotosyntézy a transpirace, obsahu chlorofylu, odběry biomasy listů (cca dvoutýdenní intervaly – dle počasí)
1. – 2. dekáda VIII.	Poslední měření rychlosti fotosyntézy a transpirace, obsahu chlorofylu, odběry biomasy listů
3. dekáda VIII. – 2. dekáda IX.	Sklizeň (dle fáze zralosti), stanovení výnosu z jednotlivých variant, rozbory rostlin – poměr mezi hlávkami a vegetativní částí rostliny
3. dekáda IX.	Odběr půdních vzorků po sklizni
3. dekáda IX. – X.	Laboratorní rozbory hlávek – stanovení kvality (HPLC, obsah NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
X. – XII.	Vyhodnocení laboratorních analýz, zpracování naměřených dat

## 4.1. Hodnocení agrometeorologických ročníků v průběhu pokusu

### 4.1.1. Hodnocení agrometeorologického roku 2014/2015 pro stanici Žatec

#### Chladný půlrok 2014/2015

Teplotně hodnotíme měsíc říjen 2014 jako *teplý* (+2,5 °C oproti normálu), srážkově jako *normální*, kdy za měsíc napršelo 130 % hodnoty normálu.

Teplotně byl listopad 2014 hodnocen jako *mimořádně teplý* (+3,5 °C oproti normálu), srážkově jako *vlhký*, když suma srážek dosahovala 132 % normálu.

Prosinec 2014 hodnotíme teplotně jako *silně teplý* (s kladnou odchylkou o 2,8 °C oproti normálu), srážkově jako *normální* (spadlo 83 % normálu).

Leden 2015 hodnotíme teplotně jako *silně teplý* (odchylka +4,6 °C oproti normálu), srážkově jako *suchý* (68 % normálu).

Únor 2015 je hodnocen teplotně jako *normální* s kladnou odchylkou +1,0 °C oproti normálu, srážkově jako *silně suchý* (srážky dosáhly jen 13 % normálu).

Březen 2015 je hodnocen teplotně jako *normální* (s odchylkou +1,6 °C oproti normálu), srážkově také jako *normální* (140 % normálu).

Celkově je hodnocen chladný půlrok 2014/2015 z hlediska průběhu teplot jako *mimořádně teplý* (+2,7 °C) a srážkově jako *normální* (99 % normálu).

#### Teplý půlrok 2015

Teplotně je duben 2015 hodnocen jako *normální* (o +0,3 °C kladný rozdíl teplot oproti normálu), srážkově také jako *normální* (spadlo 106 % srážek normálu).

Květen 2015 byl teplotně vyhodnocen jako *normální* (o -0,1 °C oproti normálu) a *silně suchý* (srážky dosáhly 35 % normálu).

Červen 2015 byl teplotně klasifikován jako *normální* (o -0,3 °C oproti normálu) a *vlhký* (srážky dosahovaly 153 % normálu).

Červenec 2015 byl teplotně charakterizován jako *silně teplý* (o +2,5 °C oproti normálu), srážkově jako *normální* (80 % normálu). Srážky byly zaznamenány ve 14 dnech, nejvyšší 5. 7. (16,4 mm), dále 8. 7. (11,2 mm) a 14. 7. (4,4 mm), zbylých 11 dnů srážky nepřesahovaly denní úhrn větší než 2 mm.

Srpen 2015 byl teplotně vyhodnocen jako *mimořádně teplý* (kladný rozdíl +4,0 °C oproti normálu). Srážkově byl srpen 2015 vyhodnocen jako *vlhký* (155 % normálu).

Září 2015 bylo teplotně vyhodnoceno jako *normální* (s mírnou zápornou odchylkou -0,1 °C oproti normálu). Srážkově bylo září 2015 vyhodnoceno jako *suché* (38 % srážek normálu).

Celkově je teplý půlrok 2015 hodnocen teplotně jako *silně teplý* (kladný rozdíl +1,1 °C oproti normálu), což ovlivnil silně teplý červenec a mimořádně teplý srpen. Srážkově je teplý půlrok hodnocen jako *normální* (dosahoval 98 % srážek normálu).

#### 4.1.2. Hodnocení agrometeorologického roku 2015/2016 pro stanici Žatec

##### Chladný půlrok 2015/2016

Teplotně hodnotíme měsíc říjen 2015 jako *normální* (rozdíl -0,2 °C oproti normálu), srážkově jako *vlhký* (169 % hodnoty normálu).

Teplotně byl listopad 2015 hodnocen jako *mimořádně teplý* (+3,6 °C), srážkově jako *vlhký*, když suma srážek dosahovala 153 % normálu.

Prosinec 2015 hodnotíme jako *silně teplý* (s kladnou odchylkou o 4,8 °C oproti normálu), srážkově jako *suchý* (jen 51 % normálu).

Leden 2016 hodnotíme teplotně jako *normální* (odchylka +1,8 °C oproti normálu), srážkově také jako *normální* (119 % normálu).

Únor 2016 je hodnocen teplotně jako *silně teplý* s kladnou odchylkou +4,0 °C k normálu, srážkově jako *normální* (123 % normálu).

Březen 2016 je hodnocen teplotně jako *normální* (s odchylkou +0,9 °C oproti normálu), srážkově také jako *normální* (103 % normálu).

Celkově je hodnocen chladný půlrok 2015/2016 z hlediska průběhu teplot jako *silně teplý* (+2,5 °C) a srážkově jako *vlhký* (121 % normálu).

##### Teplý půlrok 2016

Teplotně je duben 2016 hodnocen jako *normální* (záporný rozdíl -0,1 °C oproti normálu), srážkově jako *suchý* (jen 46 % srážek normálu).

Květen 2016 byl teplotně vyhodnocen jako *normální* (+0,9 °C oproti normálu), srážkově jako *silně suchý* (jen 38 % normálu).

Červen 2016 byl teplotně klasifikován jako *teplý* (kladný rozdíl +1,4 °C oproti normálu), srážkově jako *vlhký* (163 % normálu).

Červenec 2016 byl teplotně charakterizován jako *silně teplý* (kladný rozdíl +1,7 °C oproti normálu), srážkově jako *silně vlhký* (177 % normálu).

Srpen 2016 byl teplotně vyhodnocen jako *normální* (kladný rozdíl +0,6 °C oproti normálu), srážkově jako *suchý* (jen 59 % srážek normálu).

Září 2016 bylo teplotně vyhodnoceno jako *silně teplé* (+3,4 °C oproti normálu), srážkově jako *vlhké* (srážky dosáhly 184 % normálu).

Celkově je teplý půlrok 2016 hodnocen teplotně jako *silně teplý* (kladný rozdíl +1,3 °C oproti normálu), což ovlivnil teplý červen, silně teplý červenec a silně teplé září. Srážkově je teplý půlrok hodnocen jako *normální* (dosahoval 113 % normálu).

### **4.1.3. Hodnocení agrometeorologického roku 2016/2017 pro stanici Žatec**

#### Chladný půlrok 2016/2017

Teplotně hodnotíme měsíc říjen 2016 jako *normální* (bez odchylky od normálu), srážkově jako *vlhký*, kdy za měsíc napršelo 149 % hodnoty normálu.

Teplotně byl listopad 2016 hodnocen jako *normální* (odchylka -0,4 °C), srážkově jako *suchý*, když suma srážek dosahovala 59 % normálu.

Prosinec 2016 hodnotíme jako *normální* (s kladnou odchylkou +1,0 °C oproti normálu), srážkově jako *silně suchý* (spadlo jen 22 % normálu).

Leden 2017 hodnotíme teplotně jako *studený* (odchylka -4,3 °C oproti normálu), srážkově jako *silně suchý* (jen 36 % normálu srážek).

Únor 2017 byl teplotně vyhodnocen jako *normální* (s kladnou odchylkou +1,5 °C k normálu), srážkově také jako *normální* (86 % normálu).

Březen 2017 byl teplotně vyhodnocen jako *teplý* (s odchylkou +2,3 °C oproti normálu), srážkově jako *normální* (112 % normálu).

Celkově byl hodnocen chladný půlrok 2016/2017 z hlediska průběhu teplot jako *normální* (nulová odchylka od normálu) a srážkově také jako *normální* (77 % normálu).

#### Teplý půlrok 2017

Teplotně byl duben 2017 hodnocen jako *normální* (záporný rozdíl -1,1 °C oproti normálu), srážkově jako *vlhký* (srážky dosáhly 150 % normálu).

Květen 2017 byl teplotně vyhodnocen jako *normální* (-0,2 °C oproti normálu), srážkově jako *silně suchý* (spadlo jen 40 % normálu).

Červen 2017 byl teplotně klasifikován jako *teplý* (kladný rozdíl +1,4 °C oproti normálu), srážkově jako *normální* (99 % normálu).

Červenec 2017 byl teplotně charakterizován jako *normální* (kladný rozdíl +0,2 °C oproti normálu), srážkově také jako *normální* (srážky dosáhly 67 % normálu).

Srpen 2017 byl teplotně vyhodnocen jako *normální* (kladný rozdíl +0,4 °C oproti normálu), srážkově také jako *normální* (121 % srážek normálu).

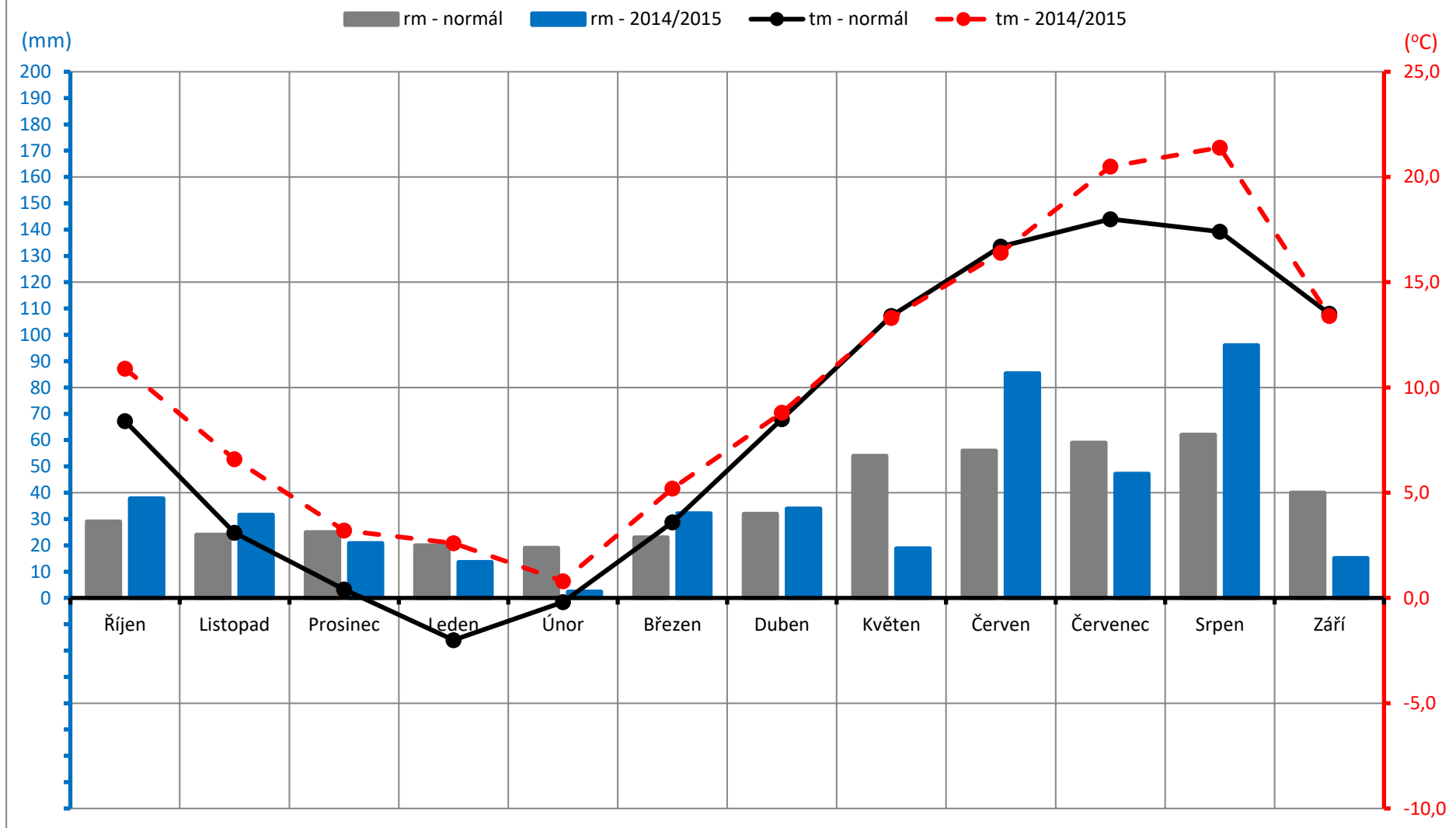
Září 2017 bylo teplotně vyhodnoceno jako *studené* (-1,4 °C oproti normálu), srážkově jako *normální* (srážky dosáhly 98 % normálu).

Celkově byl teplý půlrok 2017 vyhodnocen jako *normální* (nepatrná odchylka -0,1 °C oproti normálu). Srážkově byl teplý půlrok také hodnocen jako *normální* (vykázal 92 % srážek normálu).

Přehled agrometeorologických ročníků je znázorněn grafy 1, 2 a 3 a tabulkami 59, 60 a 61 v Příloze.

## Agrometeorologický rok 2014/2015 - Žatec

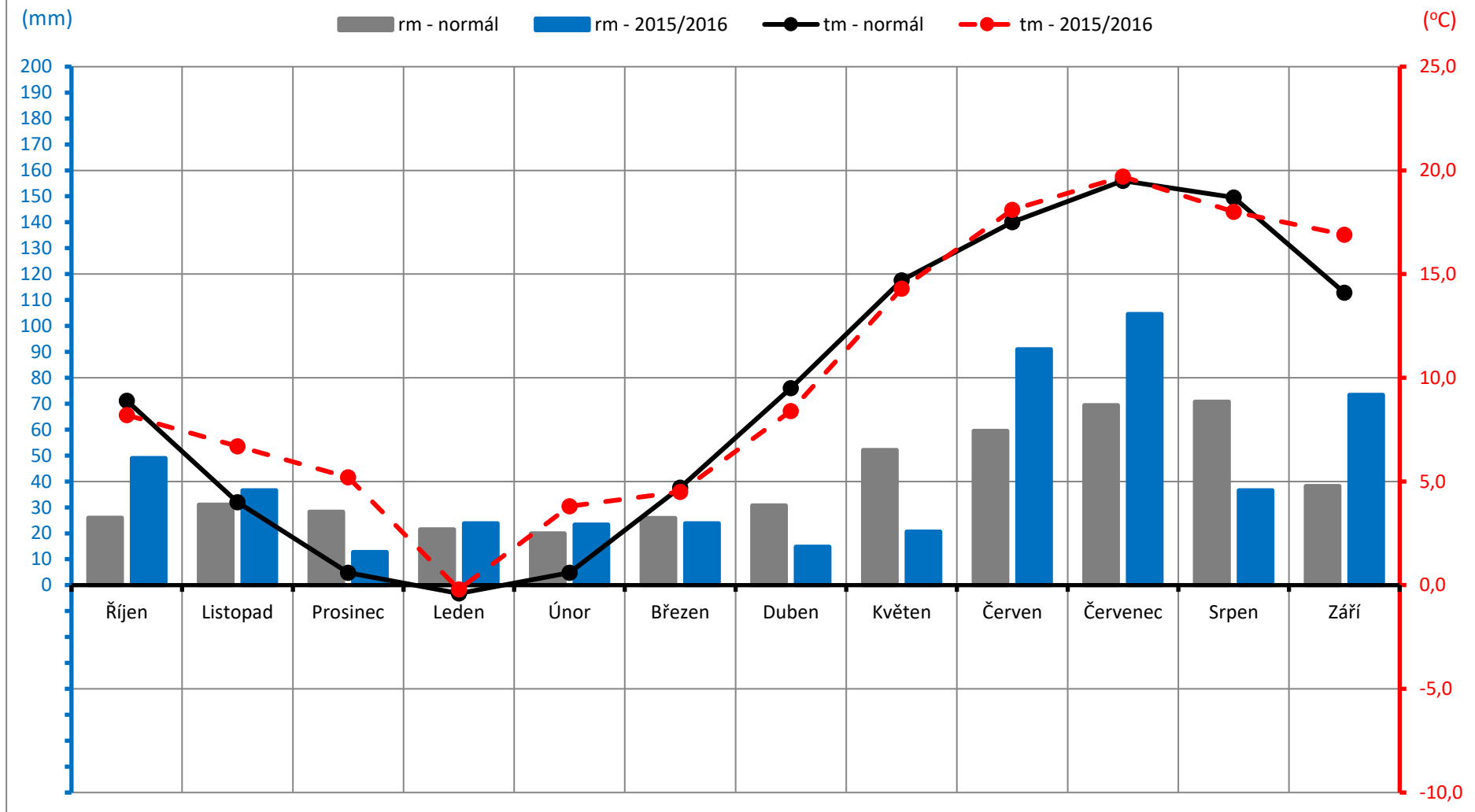
Průměrná měsíční teplota vzduchu (tm) a měsíční úhrn srážek (rm)  
(stanice Žatec - areál Chmelařského institutu, normál - Žatec (ČHMÚ 1961-1990))



Graf 1: Průběh teplot a měsíční úhrny srážek pro meteostanici Žatec – 2014/2015.

## Agrometeorologický rok 2015/2016 - Žatec

Průměrná měsíční teplota vzduchu (tm) a měsíční úhrn srážek (rm)  
(stanice Žatec - areál Chmelařského institutu, normál - Žatec (ČHMÚ 1981-2010))

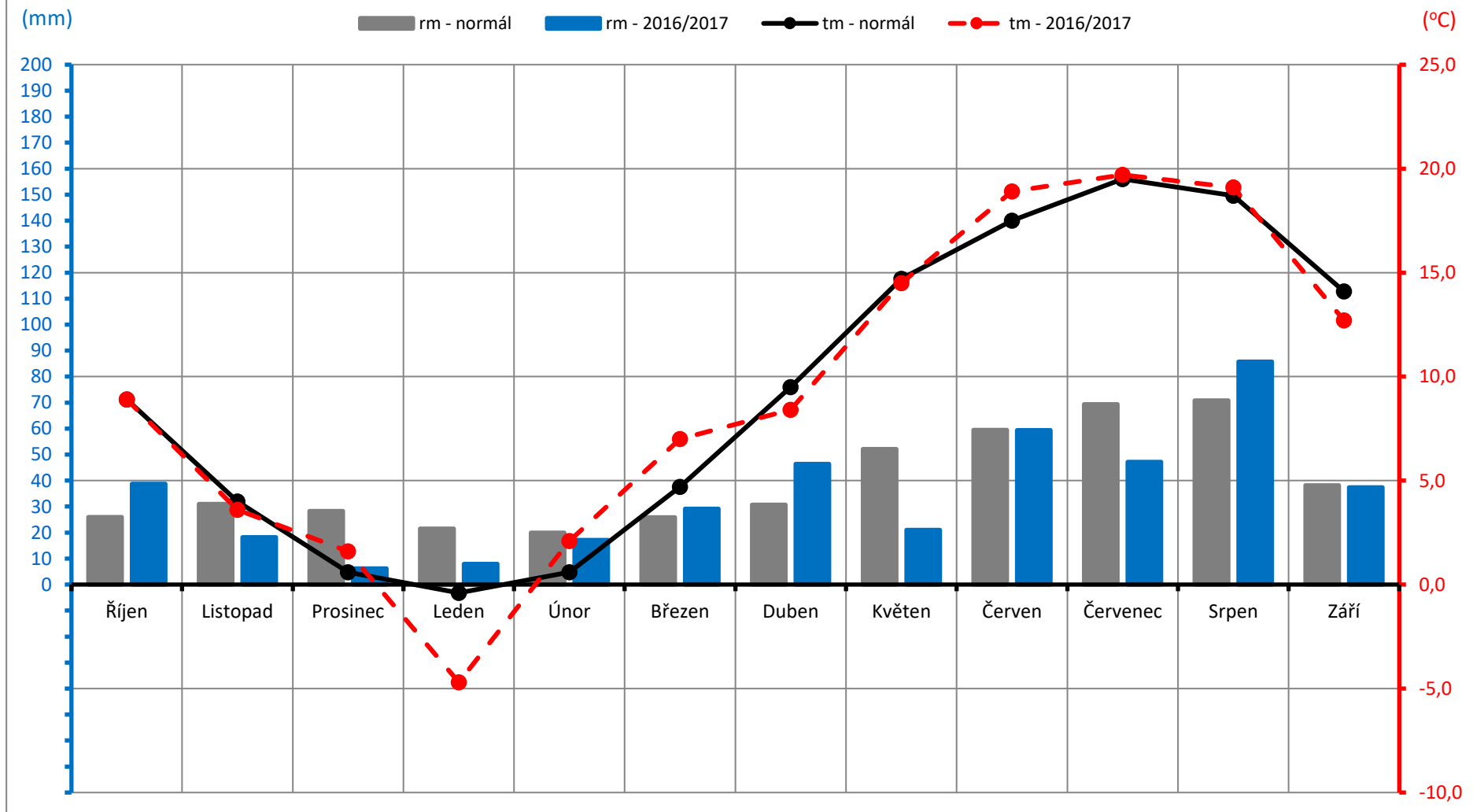


Graf 2: Průběh teplot a měsíční úhrny srážek pro meteostanici Žatec – 2015/2016.



## Agrometeorologický rok 2016/2017 - Žatec

Průměrná měsíční teplota vzduchu (tm) a měsíční úhrn srážek (rm)  
(stanice Žatec - areál Chmelařského institutu, normál - Žatec (ČHMÚ 1981-2010))



Graf 3: Průběh teplot a měsíční úhrny srážek pro meteostanici Žatec – 2016/2017.

## 5. Výsledky

V průběhu experimentu byla zajištěna všechna předpokládaná měření a sledování. Průběh počasí v roce 2015 však způsobil, že některých cílů nebylo možno z důvodu nedostatku vláhy v průběhu vegetace dosáhnout. V prvním roce experimentu tak na nízkých konstrukcích, na kterých nebyla zajištěna kapková závlaha, nebyl stanoven výnos porostů. Rostliny působením dlouhotrvajících vysokých teplot a sucha vytvořily silně atypický habitus a vyprodukovaly nerelevantní hospodářský výnos. Ostatní sledované a měřené parametry však byly stanoveny.

### 5.1. Vliv faktorů na hospodářský výnos a kvalitu produkce chmele

Během průběžného vyhodnocování výsledků v souvislosti s každoročními změnami průběhu počasí během vegetace vyvstala otázka, zdali by se dal vyčíslit vliv vybraných faktorů na výnos a kvalitu produkce chmele. Pro takové statistické zpracování je však potřeba velké množství dat, která nemohla tato disertační práce svými tříletými výsledky obsáhnout. Bylo proto pro vyhodnocení využito dat získaných ze záznamů Účelového hospodářství Stekník. Ve statistickém šetření (multifaktoriální analýza rozptylů, korelační matice) byl sledován vliv stáří porostu, odrůdy, závlahy, teplot a srážek na hospodářský výnos a kvalitu různých odrůd chmele v žatecké chmelařské oblasti, k analýzám byla použita data z období 1993 – 2018.

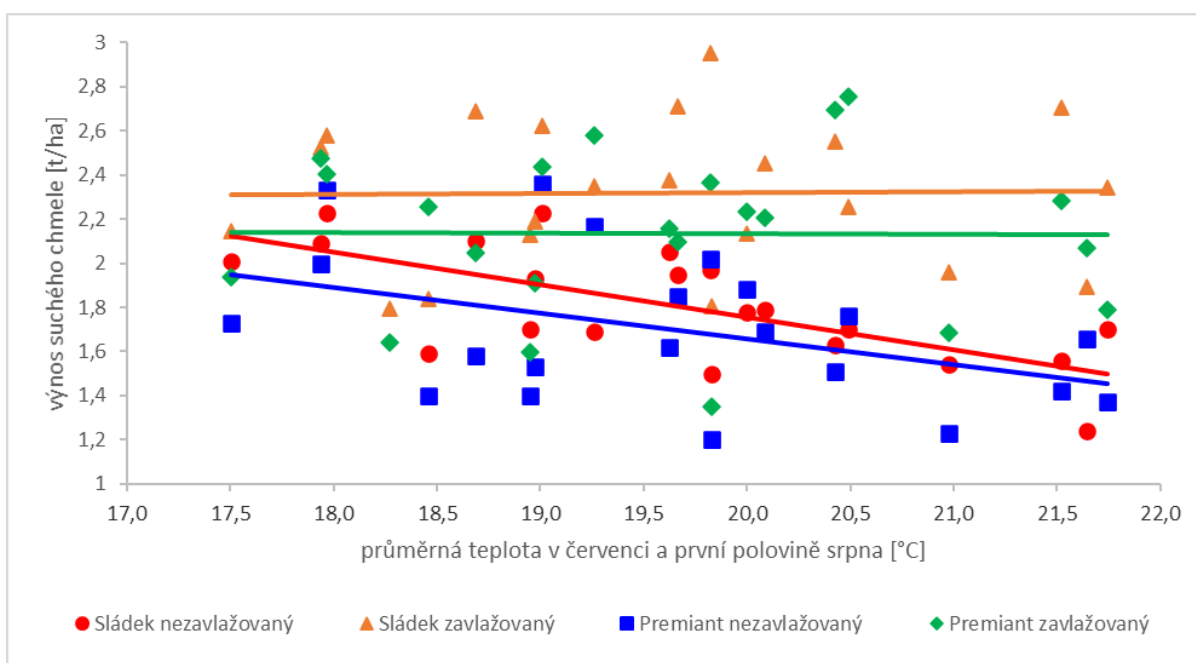
Statistika prokázala pozitivní vliv celkových srážek na hospodářský výnos nezavlažovaných chmelnic ( $r = 0,59$ ,  $p < 0,01$ ), významné jsou pak srážky v červenci ( $r = 0,5$ ,  $p < 0,01$ ). Na zavlažovaných chmelnicích byl taktéž prokázán pozitivní vliv celkových srážek na hospodářský výnos ( $r = 0,6$ ,  $p < 0,01$ ), ovšem statisticky významně se projevil pouze vliv srážek v květnu ( $r = 0,58$ ,  $p < 0,01$ ). Projevil se tedy faktor závlahy, která je právě od konce května využívána v průběhu měsíců června, července a srpna až do období před sklizní, a korelační koeficienty pro další měsíce nebyly statisticky významné. U obou způsobů (zavlažované/nezavlažované) pěstování byl zjištěn významný vliv denních srážek, které dosáhly alespoň 3 mm (nezavlažované  $r = 0,65$ ,  $p < 0,001$ ; zavlažované  $r = 0,6$ ,  $p < 0,01$ ). Statistický negativní vliv teploty na výnos chmele byl prokázán u obou variant pěstování pouze v květnu ( $r = -0,38$ ,  $p < 0,05$  pro nezavlažované chmelnice, resp.  $r = -0,49$ ,  $p < 0,05$

pro zavlažované). U nezavlažovaných chmelnic byl také prokázán negativní vliv vysokých teplot na hospodářský výnos odrůd Sládek a Premiant v červenci a první polovině srpna (Sládek  $r = -0,68$ ,  $p < 0,001$ , Premiant  $r = -0,42$ ,  $p < 0,01$ ). Tento vliv ale nebyl zaznamenán v zavlažovaných porostech, jelikož závlaha je schopna snížit teplotu až o 5 °C a příznivě tak upravit mikroklima v porostu (Kopecký a kol., 2008). Přehled korelačních koeficientů mezi nejvýznamnějšími parametry počasí a výnosem chmele je uveden v tabulce 12. V grafu 4 je zobrazen vliv průměrné teploty v červenci a první polovině srpna na výnos odrůd Sládek a Premiant v zavlažovaných a nezavlažovaných chmelnicích.

Tab. 12: Přehled korelačních koeficientů mezi nejvýznamnějšími parametry počasí a výnosem chmele v zavlažovaných a nezavlažovaných porostech.

	Průměrná teplota	Srážky					
		Květen	Celkové za vegetaci	Větší než 3 mm za den	Květen	Červen	Červenec
Nezavlažované	-0.38*	0.59**	0.65***	0.37	0.31	0.50**	0.35
Zavlažované	-0.49*	0.61**	0.60**	0.58**	0.36	0.32	0.41*

\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$



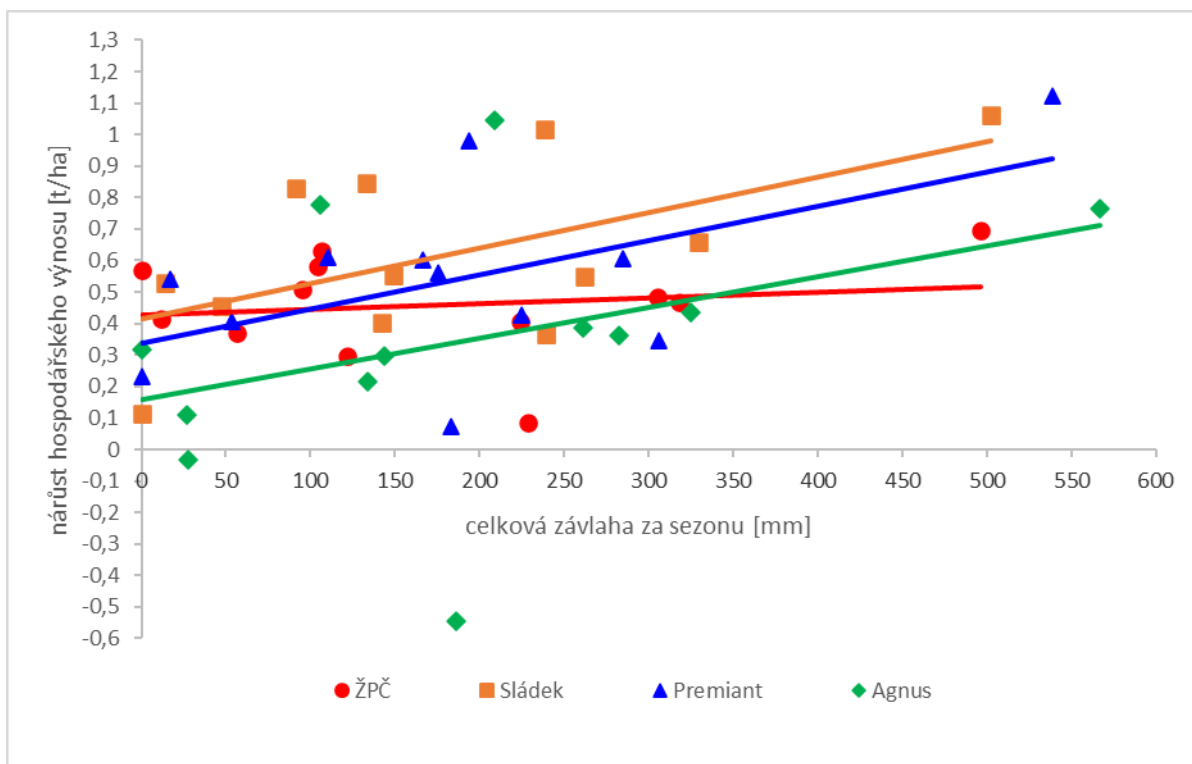
Graf 4: Vliv průměrné teploty v červenci a první polovině srpna na výnos odrůd Sládek a Premiant v zavlažovaných a nezavlažovaných chmelnicích.

Vliv samotné závlahy vycházející z dat Účelového hospodářství Stekník prokázal pozitivní efekt především u hybridních odrůd chmele, tj. Sládka ( $r = 0,58, p < 0,01$ ), Premianta ( $r = 0,55, p < 0,05$ ) a Agnusu ( $r = 0,49, p < 0,05$ ). U Žateckého poloraného červeňáku nebyla korelace mezi celkovou závlahou a výnosem prokázána ( $r = 0,16$ ). Nejvýznamnější měsíce z pohledu závlahy a jejího vlivu na hospodářský výnos se lišily v závislosti na odrůdě. U odrůdy Sládek lze za nejvýznamnější měsíc v tomto parametru považovat červen ( $r = 0,49, p < 0,05$ ) a červenec ( $r = 0,38, p < 0,05$ ), u Premianta především srpen ( $r = 0,67, p < 0,01$ ) a u Agnusu červen ( $r = 0,53, p < 0,01$ ) a srpen ( $r = 0,43, p < 0,05$ ). Žatecký poloraný červeňák prokázal závislost výnosu na závlaze jen v červenci ( $r = 0,56, p < 0,05$ ). Lze konstatovat, že odrůda Žatecký poloraný červeňák (bez ohledu na klony) je dlouhodobě adaptovaná na pěstitelské a klimatické podmínky žatecké chmelařské oblasti a vytváří uspokojivý výnos i v nezavlažovaných podmínkách. Hybridní odrůdy nesoucí vlastnosti některých zahraničních odrůd mají vyšší výnosový potenciál, ale jsou náročnější na úroveň výživy, ochranu rostlin a potřebu vody v průběhu vegetace. Hodnoty korelačních koeficientů pro vliv závlahy na hospodářský výnos chmele je uveden v tabulce 13. Grafické znázornění přínosu závlahy na výnos chmele je vyvedeno v grafu 5. Vliv celkového množství srážek ve vegetaci na hospodářský výnos je uveden v grafu 6.

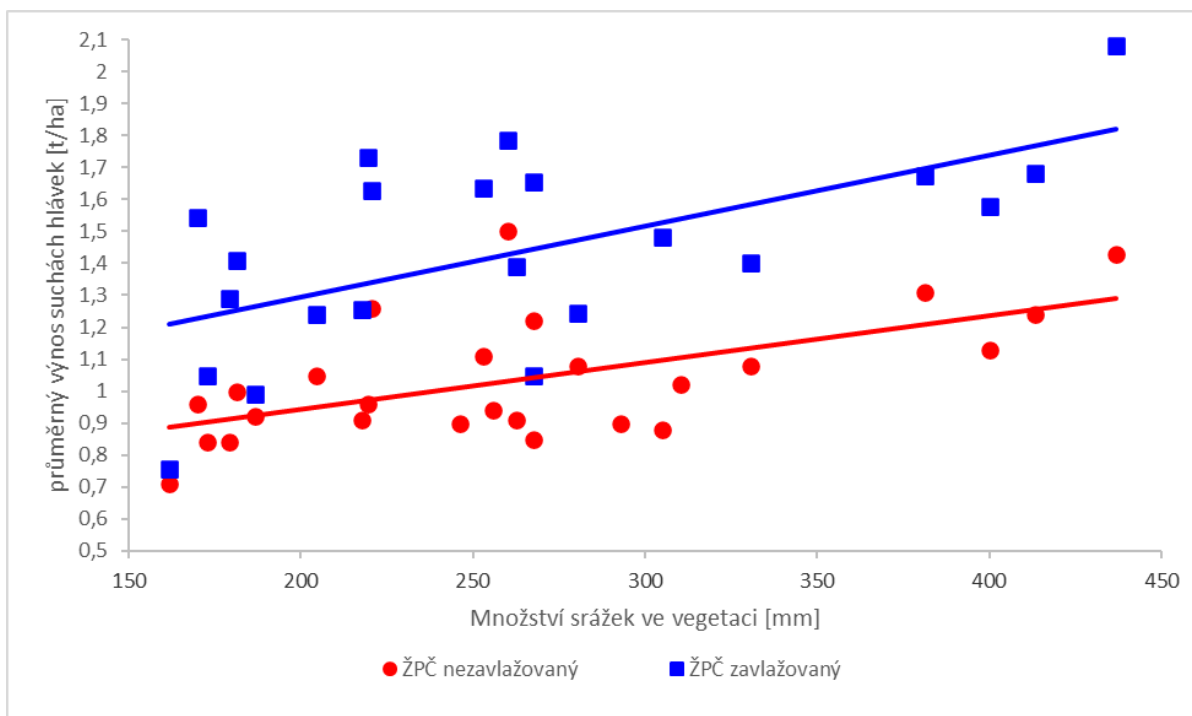
Tab. 13: Přehled korelačních koeficientů vlivu závlahy na hospodářský výnos chmele.

Odrůda	Celkové množství závlahové vody	Květen	Červen	Červenec	Srpen
ŽPČ	0.16	0.35	0.15	0.56*	0.01
Sládek	0.58**	0.01	0.49*	0.38*	0.09
Premiant	0.55*	0.44*	0.01	0.27	0.67**
Agnus	0.49*	0.24	0.53**	0.30	0.43*

\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$



Graf 5: Efekt množství závlahové vody na změnu ve výnosu chmele.

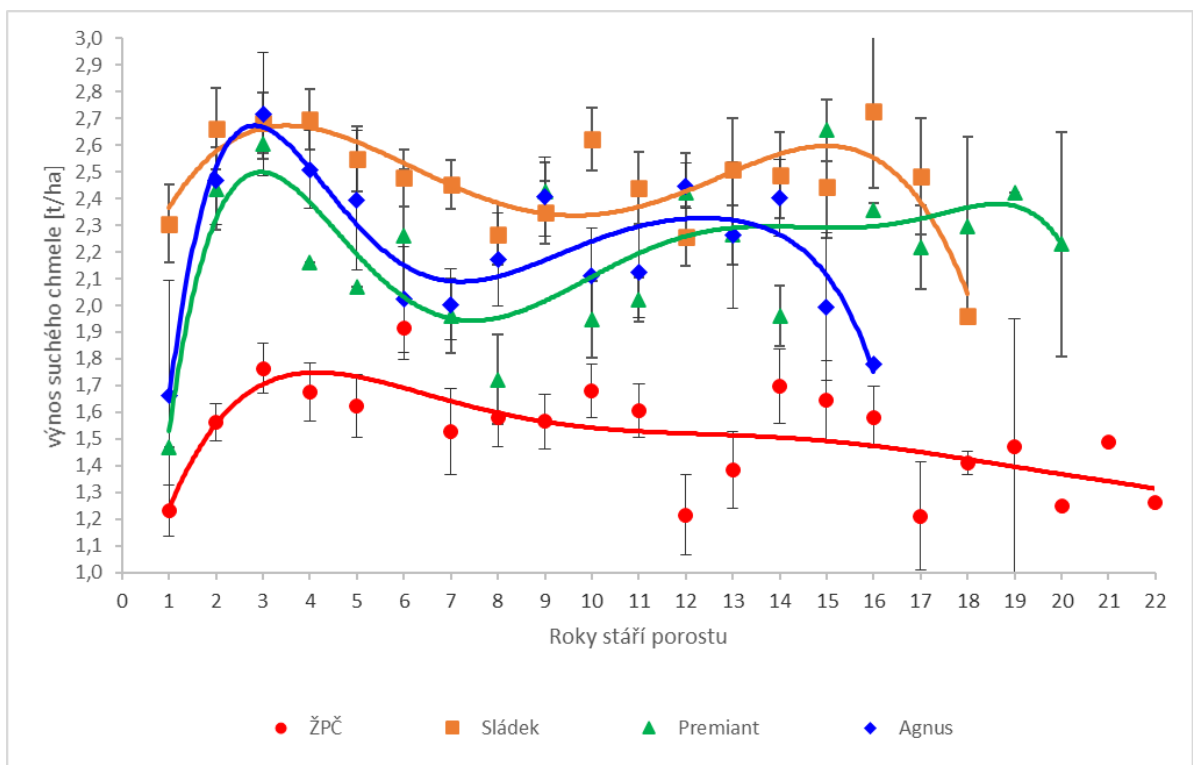


Graf 6: Vliv celkového množství srážek ve vegetaci na hospodářský výnos chmele.

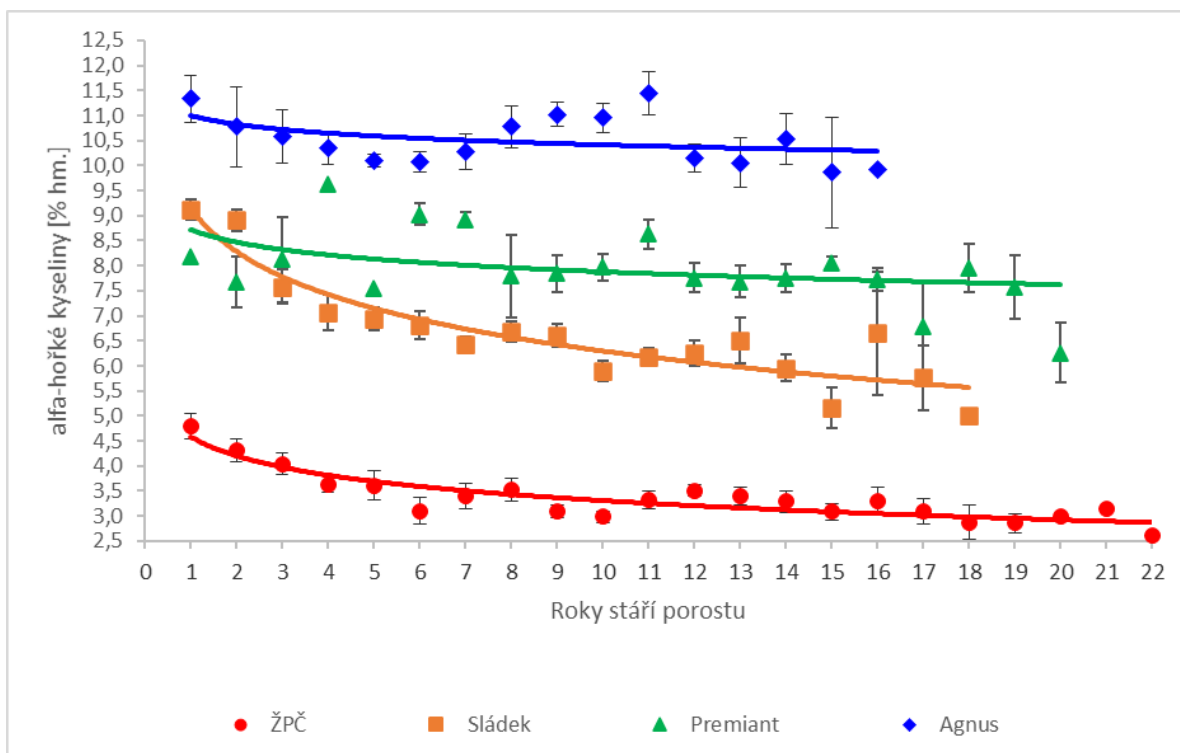
V rámci statistického zpracování byl sledován vliv stáří porostu na výnos chmele a obsah alfa-hořkých kyselin. Analýza prokázala, že výnos všech odrůd v prvních třech letech

porostu stoupá do svého maxima, které nestává mezi 3. a 4. rokem a poté postupně klesá. Rychlost poklesu se však liší v závislosti na odrůdě. Bylo prokázáno, že pokles výnosů Žateckého poloraného červeňáku je pozvolný a oproti hybridním odrůdám se tak prodlužuje rentabilní životnost porostů. Podobně pozvolný pokles byl zjištěn také u Premianta, ovšem s přibývajícím věkem se čím dál více rozšiřovaly hodnoty průměrného výnosu jednotlivých porostů. Odrůdy Sládek a Agnus začaly ztrácet výnosnost dříve, u Agnusu nastal propad již po 14. roce stáří porostu, u Sládka po 17. roce. K dispozici bohužel nebyla data z ještě starších porostů, protože věk 15 let je běžně považován za limit pro obnovu a starší porosty hybridních odrůd se tak na Účelovém hospodářství nevyskytují.

Vliv stáří porostu na obsah alfa-hořkých kyselin prokázal u odrůd Agnus a Sládek stabilitu v prvních 10 letech věku porostu, poté se začaly objevovat výkyvy. V průměru je ale pokles pozvolný. Premiant se projevuje nevyrovnaností v obsahu alfa-hořkých kyselin v závislosti na věku, vliv tak u něj hrají jiné faktory. Žatecký poloraný červeňák vykazuje ze sledovaných odrůd nejstabilnější hodnoty s pozvolným poklesem obsahu alfa-hořkých kyselin až na hranici 2,5 % ve věku 22 let. Na základě analyzovaných dat tak lze doporučit, že optimální doba pro obnovu porostu je z hlediska výnosů i kvality hlávek okolo 15. roku stáří rostlin hybridních odrůd a přibližně 18. roku stáří Žateckého poloraného červeňáku. Vliv stáří porostu na hospodářský výnos a obsah alfa-hořkých kyselin je znázorněn grafy 7 a 8.



Graf 7: Vliv stáří porostu na hospodářský výnos chmele.



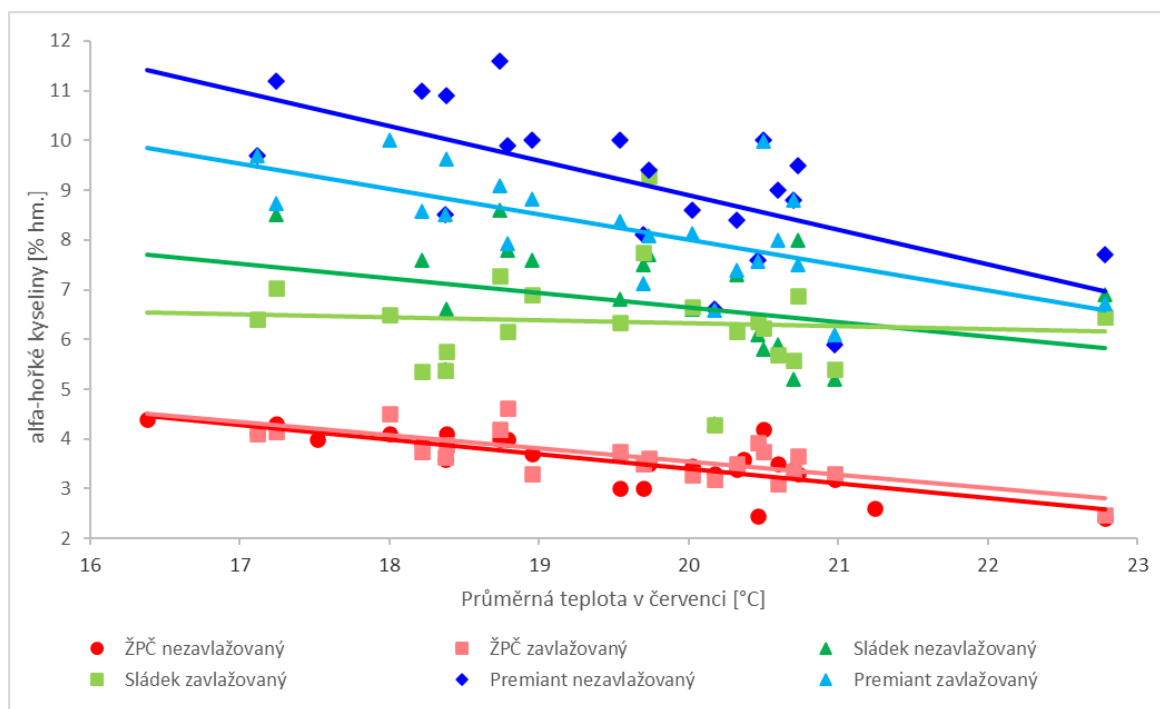
Graf 8: Vliv stáří porostu na obsah alfa-hořkých kyselin.

Obsah alfa-hořkých kyselin byl sledován také z pohledu průměrných teplot během vegetace. Deprese v tvorbě alfa-hořkých kyselin se projevila v několika parametrech týkajících se teplot, především pak v nezavlažovaných porostech. Jde o sumu teplot za vegetaci, průměrné teploty v červenci, případně červenci a první polovině srpna, významnou roli hraje i celkový počet dní s teplotami přes 30 °C nebo noci s teplotou vyšší než 17 °C. Největší negativní efekt mají vysoké teploty u variant ŽPČ a Premianta, menší vliv pak u Sládka. V zavlažovaných variantách je celkový negativní efekt menší, ovšem ne zanedbatelný. Nejlépe odolává vysokým teplotám Agnus, který je vyšlechtěn z amerických genotypů a je tak odolnější vůči vysokým teplotám. Celkově se opět projevila pozitivní vliv závlahy na redukcí teplotního stresu způsobujícího pokles tvorby alfa-hořkých kyselin. Přehled korelačních koeficientů je uveden v tabulce 14. Graficky jsou hodnoty znázorněny grafem 9.

Tab. 14: Korelační koeficienty mezi nejvýznamnějšími teplotními parametry a obsahem alfa-hořkých kyselin vybraných českých odrůd chmele.

Odrůda	Suma teplot za vegetaci	Průměrná teplota		Dny s maximální teplotou přes 30 °C	Noci s minimální teplotou 17 °C
		Červenec	Červenec a polovina srpna		
ŽPČ nezavlažovaný	-0.62***	-0.80***	-0.77***	-0.75***	-0.83***
ŽPČ zavlažovaný	-0.56**	-0.75***	-0.57**	-0.46*	-0.39
Sládek nezavlažovaný	-0.60**	-0.35	-0.61**	-0.50*	-0.27
Sládek zavlažovaný	-0.40	-0.09	-0.36	-0.44*	-0.01
Premiant nezavlažovaný	-0.68***	-0.64**	-0.77***	-0.77***	-0.50*
Premiant zavlažovaný	-0.62**	-0.64**	-0.66***	-0.74***	-0.49*
Agnus nezavlažovaný	-0.34	-0.29	-0.19	-0.19	-0.37
Agnus zavlažovaný	-0.23	-0.05	-0.03	-0.20	-0.34

\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$



Graf 9: Vliv průměrné červencové teploty na obsah alfa-hořkých kyselin vybraných českých odrůd chmele.



## 5.2. Měření SPAD hodnot

Měření SPAD hodnot pomocí přístroje Konica-Minolta SPAD-502 Plus probíhalo u všech variant v obou způsobech pěstování. Parametr byl každoročně sledován v pěti až šesti termínech.

### 5.2.1. Výsledky měření SPAD v roce 2015

#### 5.2.1.1. Měření SPAD dne 19. 5. 2015

V prvním termínu na konci druhé dekády května byly SPAD hodnoty měřeny pouze u odrůdy Sládek na vysoké konstrukci, rostliny na nízkých konstrukcích ještě neměly dostatečné množství nadzemní biomasy pro objektivní měření. Nejvyšší hodnota byla naměřena u variant s nejvyššími dávkami dusíku, tj. 100 (37,5), 140 (38,3) a 180 (36,4), nejnižší u kontrolní varianty (34,1). I přesto je třeba podotknout, že na tak brzkou fázi vegetace, kdy jsou SPAD hodnoty nižší, jsou i hodnoty kontrolní varianty hodnoceny jako optimální. Přehled hodnot se statistickým vyhodnocením je uveden v tabulce 15. Rozdílnost písmen v tabulkovém přehledu značí statisticky významnou rozdílnost jednotlivých souborů.

Tab. 15: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 19. 5. 2015.

19.05.2015				
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky			
	PG1428	Sládek NK	Sládek VK	
0	Neměřeno, nedostatečná biomasa	Neměřeno, nedostatečná biomasa	34,1	<b>c</b>
60			35,7	<b>b c</b>
100			37,5	<b>a b</b>
140			38,3	<b>a</b>
180			36,4	<b>a b</b>

#### 5.2.1.2. Měření SPAD dne 1. 6. 2015

V druhém termínu první červnový den byly již měřeny všechny varianty pokusu. SPAD jednotky vykazovaly statistickou závislost u obou sledovaných pěstebních způsobů a obou genotypů. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 16. Nejvyšší SPAD jednotky byly naměřeny

u variant s nejvyšší, resp. druhou nejvyšší dávkou dusíku, tj. PG1428 – 180 (37,0), Sládek na nízké konstrukci – 180 (34,6) a Sládek na vysoké konstrukci – 140 (42,4).

Tab. 16: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 1. 6. 2015.

01.06.2015						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	34,4	<b>b</b>	31,4	<b>b</b>	39	<b>c</b>
60	34,5	<b>a b</b>	32,1	<b>b</b>	40,4	<b>b c</b>
100	34,6	<b>a b</b>	32,6	<b>a b</b>	42,2	<b>a</b>
140	36,9	<b>a</b>	33,3	<b>a</b>	42,4	<b>a</b>
180	37	<b>a</b>	34,6	<b>a</b>	41,7	<b>a b</b>

### 5.2.1.3. Měření SPAD dne 18. 6. 2015

V druhé červnové dekádě opět byla zaznamenána závislost SPAD jednotek na množství aplikovaného dusíku. Nejvyšší hodnoty byly opět naměřeny u variant s nejvyššími dávkami, a to 37,1 u PG1428, 40,3 u Sládka na nízké konstrukci a 45,0 u Sládka na konstrukci vysoké. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u kontrolních variant, ve stejném pořadí 34,0, 35,2 a 42,0, viz tabulka 17.

Tab. 17: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 18. 6. 2015.

18.06.2015						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	34	<b>b</b>	35,2	<b>c</b>	42	<b>b</b>
60	34	<b>b</b>	37,4	<b>b c</b>	43,4	<b>a b</b>
100	35,4	<b>a b</b>	38,7	<b>a b</b>	43,4	<b>a b</b>
140	37,1	<b>a</b>	37,4	<b>b c</b>	44,3	<b>a b</b>
180	37,1	<b>a</b>	40,3	<b>a b</b>	45	<b>a</b>

### 5.2.1.4. Měření SPAD dne 30. 6. 2015

Poslední červnový den byly SPAD jednotky u Sládka na vysoké konstrukci výjimečně vyrovnané, mezi variantami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl a hodnoty všech variant se pohybovaly mezi 44,5 a 45,6. U nízkých konstrukcí byla stále patrná závislost

na dávce dusíku, kdy jak PG1428, tak Sládek vykázaly nejvyšší hodnoty u varianty 180 (39,1, resp. 37,1), hodnoty jsou uvedeny v tabulce 18.

Tab. 18: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 30. 6. 2015.

30.06.2015					
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky				
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK
0	36	<b>c</b>	32,4	<b>c</b>	44,5 <b>a</b>
60	36,5	<b>b c</b>	34	<b>a b</b>	45,5 <b>a</b>
100	38,3	<b>a b</b>	33,5	<b>b c</b>	44 <b>a</b>
140	38,9	<b>a</b>	36	<b>a b</b>	45,6 <b>a</b>
180	39,1	<b>a</b>	37,1	<b>a</b>	45,2 <b>a</b>

#### 5.2.1.5. Měření SPAD 15. 7. 2015

V polovině července pokračoval trend hodnot na vysoké konstrukci z minulého měření, kdy opět nebyl prokázán statistický rozdíl mezi variantami, ovšem varianty s vyššími dávkami dusíku vykázaly mírně vyšší hodnoty SPAD. U nízkých konstrukcí hodnoty závisely na dávce dusíku, nejvyšší byly opět naměřeny u varianty 180, PG1428 vykázal 42,9, Sládek 43,0. Přehled hodnot je uveden v tabulce 19.

Tab. 19: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 15. 7. 2015.

15.07.2015					
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky				
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK
0	38	<b>c</b>	35,1	<b>d</b>	45,8 <b>a</b>
60	41,2	<b>a b</b>	37,3	<b>c d</b>	46,8 <b>a</b>
100	40	<b>b c</b>	39,3	<b>b c</b>	46,7 <b>a</b>
140	41,1	<b>a</b>	41,4	<b>a b</b>	47,7 <b>a</b>
180	42,9	<b>a</b>	43	<b>a</b>	47,5 <b>a</b>

#### 5.2.1.6. Měření SPAD dne 6. 8. 2015

Při posledním měření začátkem srpna došlo k výraznému propadu hodnot u odrůdy Sládek na nízké konstrukci. Tento pokles byl způsoben usycháním nadzemní hmoty rostlin v důsledku dlouhotrvajícího sucha a vysokých teplot, kdy listy viditelně ztrácely turgor

a předčasně vadly. Nejhorší hodnoty vykázala varianta bez dusíku, jejíž zasychající listy ztrácely barvu a zaznamenaly jen 28,5 jednotek. Obě nejvyšší varianty sice stále přesáhly hodnotu 38,0 (38,5 a 38,4), ovšem i listy těchto variant byly již ve fázi předčasného zasychání. Genotyp PG1428 byl vizuálně suchem poškozen méně, ovšem i na jeho listech bylo možné pozorovat prvotní znaky nedostatku vody, tj. snižování turgoru a „gumovatění“. Nejvyšší hodnota byla naměřena u varianty 180 (44,5), nejnižší u kontrolní varianty 0 (38,5). Sládek na vysoké konstrukci tentokrát prokázal statistický rozdíl mezi variantami s nižšími a vyššími dávkami hnojiv, ovšem stále držel poměrně vysoké hodnoty SPAD (45,6 – 49,0). I přes nepříznivé počasí se držel v poměrně dobré kondici díky kapkové závlaze. Přehled hodnot je uveden v tabulce 20.

Tab. 20: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 6. 8. 2015.

06.08.2015					
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky				
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK
0	38,5	<b>d</b>	28,5	<b>c</b>	45,6 <b>b</b>
60	41,2	<b>c</b>	27,4	<b>c</b>	46,3 <b>b</b>
100	42,2	<b>b c</b>	33,4	<b>b</b>	46,1 <b>b</b>
140	43,4	<b>a b</b>	38,5	<b>a</b>	48,2 <b>a b</b>
180	44,5	<b>a</b>	38,4	<b>a</b>	49 <b>a</b>

## 5.2.2. Výsledky měření SPAD v roce 2016

V roce 2016 proběhlo měření SPAD hodnot v šesti termínech od konce května do poloviny srpna. Tento rok byl mimořádně příznivý z hlediska počasí ve vegetační sezoně, což se odrazilo i v naměřených hodnotách.

### 5.2.2.1. Měření SPAD dne 26. 5. 2016

První měření proběhlo na konci května, kdy byly listy rostlin na nízkých konstrukcích mladé a vitální, ale poměrně tenké. Průměrné hodnoty tak nedosahovaly hodnot listů Sládka z vysoké konstrukce, který má touto dobou révové listy mohutnější a silnější, což se odrazilo i na SPAD hodnotách. Nejvyšší hodnotu genotypu PG1428 prokázala varianta 180 (35,4), ovšem statisticky významně se nelišila od ostatních variant. Sládek na nízké konstrukci se

projevil podobně, ovšem zde ke statistickému rozdílu došlo, kdy se kontrolní varianta (29,6) lišila od hnojených variant. Nejvyšší hodnota byla naměřena u varianty 140 (33,7). Sládek na vysoké konstrukci vykázal v průměru vyšší hodnoty, ovšem také se statistickou odchylkou, kdy se kontrola (34,8) významně lišila od variant 140 (37,7) a 180 (37,4). Přehled hodnot je uveden v tabulce 21.

Tab. 21: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 26. 5. 2016.

26.05.2016						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	33,6	<b>a</b>	29,6	<b>b</b>	34,8	<b>b</b>
60	34	<b>a</b>	31,6	<b>a b</b>	35,6	<b>a b</b>
100	34,6	<b>a</b>	32,4	<b>a</b>	36,7	<b>a b</b>
140	34,6	<b>a</b>	33,7	<b>a</b>	37,7	<b>a</b>
180	35,4	<b>a</b>	33,4	<b>a</b>	37,4	<b>a</b>

#### 5.2.2.2. Měření SPAD dne 7. 6. 2016

Na počátku června se hodnoty variant vyrovnaly a statistické rozdíly mezi nimi nebyly až na jednu výjimku patrné. Onou výjimkou bylo PG1428, jehož kontrola (34,0) se statisticky lišila od hnojených variant, s nejvyšší hodnotou naměřenou u 140 a 180 (shodně 37,5). Sládek na nízké i vysoké konstrukci nevykázaly žádnou odchylku mezi variantami a pohybovaly se okolo hodnot 34,0, resp. 43,0, jak znázorňuje tabulka 22.

Tab. 22: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 7. 6. 2016.

07.06.2016						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	34	<b>b</b>	32,8	<b>a</b>	42,3	<b>a</b>
60	35,3	<b>a b</b>	34,8	<b>a</b>	43	<b>a</b>
100	36,8	<b>a b</b>	35,3	<b>a</b>	43,4	<b>a</b>
140	37,5	<b>a</b>	35,9	<b>a</b>	43,8	<b>a</b>
180	37,5	<b>a</b>	36,1	<b>a</b>	44,1	<b>a</b>

### 5.2.2.3. Měření SPAD dne 21. 6. 2016

Na začátku třetí červnové dekády se začaly projevovat rozdíly ve variantách, především u Sládka na nízké konstrukci. Jeho kontrola vykazovala hodnotu 33,2, kdežto varianty 140 a 180 zaznamenaly nejvyšší hodnoty 41,8, resp. 41,7. PG1428 byl v tomto parametru poněkud stabilnější, kontrola, ač s nejnižší hodnotou (36,6), se lišila od hnojených variant méně. Nejvyšší hodnota byla naměřena u varianty 180, a to 40,2. Sládek na vysoké konstrukci se začal postupně přibližovat 50 SPAD jednotkám a zaznamenal prozatím nejvyšší průměrnou hodnotu u varianty 140 (46,9). Přehled hodnot je uveden v tabulce 23.

Tab. 23: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 21. 6. 2016.

21.06.2016						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	36,6	<b>b</b>	33,2	<b>b c</b>	43,4	<b>b</b>
60	38,4	<b>a b</b>	35,3	<b>b c</b>	44,1	<b>a b</b>
100	39,6	<b>a b</b>	38,9	<b>a b</b>	45,7	<b>a b</b>
140	39,3	<b>a b</b>	41,8	<b>a</b>	46,9	<b>a</b>
180	40,2	<b>a</b>	41,7	<b>a</b>	46,8	<b>a</b>

### 5.2.2.4. Měření SPAD dne 7. 7. 2016

V červenci se projevil vliv dostatku srážek, kdy i rostliny na nízkých konstrukcích, které byly v předchozím roce stresovány suchem a vysokými teplotami, mohly naplno ukázat svůj potenciál. Listy PG1428 se projevily výrazným zvýšením SPAD jednotek, kdy se varianty 100 (42,8), 140 (44,6) a 180 (46,2) v podstatě vyrovnaly listům dobře živěných rostlin z vysoké konstrukce. Nejnižší hodnota byla naměřena u kontroly - 37,4. Sládek na nízké konstrukci ukázal, že není odrudou vyšlechtěnou pro tento typ pěstování a za PG1428 zaostával. Nejnižší hodnota kontroly byla 34,0, nejvyšší u varianty 180 43,4. Sládek na vysoké konstrukci nevykázal žádné rozdíly mezi variantami, hodnoty se pohybovaly mezi 45 a 48 jednotkami. Přehled hodnot je uveden v tabulce 24.

Tab. 24: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 7. 7. 2016.

07.07.2016						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	37,4	<b>d</b>	34	<b>c</b>	45,3	<b>a</b>
60	41,1	<b>c</b>	36,8	<b>c</b>	46,7	<b>a</b>
100	42,8	<b>b c</b>	40,2	<b>b</b>	46,9	<b>a</b>
140	44,6	<b>a b</b>	42,3	<b>a b</b>	47,8	<b>a</b>
180	46,2	<b>a</b>	43,4	<b>a</b>	47,6	<b>a</b>

#### 5.2.2.5. Měření SPAD dne 22. 7. 2016

Během předposledního měření 22. července se hodnoty SPAD kontrolní varianty PG1428 téměř nezměnily, ovšem hnojených variant stále rostly, především tedy 100, 140 a 180. PG1428 zaznamenal 49,5 u varianty 180, ovšem Sládek jen 43,4, čímž se nelišil od předchozího měření a stagnoval. Statistika opět neprokázala rozdíl mezi variantami Sládka na vysoké konstrukci, hodnoty již přesáhly 50 jednotek. Přehled hodnot je uveden v tabulce 25.

Tab. 25: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 22. 7. 2016.

22.07.2016						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	37,9	<b>c</b>	34,4	<b>b</b>	48,4	<b>a</b>
60	42,2	<b>b</b>	37,7	<b>b</b>	49,8	<b>a</b>
100	44,7	<b>b</b>	41,7	<b>a</b>	50,2	<b>a</b>
140	44,8	<b>b</b>	43,2	<b>a</b>	51	<b>a</b>
180	49,5	<b>a</b>	43,3	<b>a</b>	50,9	<b>a</b>

#### 5.2.2.6. Měření SPAD dne 16. 8. 2016

Před posledním termínem měření v polovině srpna, před blížící se sklizní, se dal očekávat pokles SPAD jednotek v souvislosti s blížící se fyziologickou zralostí, tento předpoklad se však nepotvrdil. Varianty s vysokými dávkami dusíkatých hnojiv stále zvyšovaly hodnoty, u PG1428 ve variantě 180 bylo naměřeno průměrných 53,6 jednotek. To je hodnota vyšší než u Sládka na vysoké konstrukci, kde byla zaznamenána nejvyšší hodnota 53,0 ve variantě 140. Sládek na nízké konstrukci vlivem vhodného počasí ještě stihl vylepšit svoji

kondici a dosáhl ve variantě 140 46,1 jednotek. Nejnížší hodnoty byly u všech porostů zaznamenány v kontrolních variantách. Přehled hodnot je uveden v tabulce 26.

Tab. 26: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 16. 8. 2016.

16.08.2016						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	38,2	<b>c</b>	34,6	<b>c</b>	49,9	<b>a</b>
60	42,9	<b>b c</b>	38,7	<b>b c</b>	50,6	<b>a</b>
100	47,5	<b>a b</b>	43,4	<b>a b</b>	50,5	<b>a</b>
140	45,8	<b>b</b>	46,1	<b>a</b>	53	<b>a</b>
180	53,6	<b>a</b>	45	<b>a</b>	52,1	<b>a</b>

### 5.2.3. Výsledky měření SPAD v roce 2017

#### 5.2.3.1. Měření SPAD dne 5. 6. 2017

Hodnoty SPAD již od prvního termínu měření v roce 2017 vykazovaly závislost na úrovni výživy dusíkem. Oproti roku 2016 však byly hodnoty celkově nižší. Genotyp PG1428 vykázal nejvyšší hodnoty u varianty 180 (36,2), nejnižší u kontroly (32,5). Obdobná situace nastala u Sládka na vysoké konstrukci, kdy varianta 180 zaznamenala 42,6 jednotek a kontrolní varianta 38,6 jednotek. Závislost u Sládka na nízké konstrukci nebyla tak jednoznačná, nejnižší hodnota byla naměřena u varianty 60 (29,6) a nejvyšší u varianty 140 (33,5). Přehled hodnot je uveden v tabulce 27.

Tab. 27: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 5. 6. 2017.

05.06.2017						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	32,5	<b>c</b>	30,4	<b>b c</b>	38,6	<b>b</b>
60	32,9	<b>b c</b>	29,6	<b>c</b>	41	<b>a b</b>
100	32,9	<b>b c</b>	30,6	<b>b c</b>	42,1	<b>a</b>
140	35,2	<b>a b</b>	33,5	<b>a</b>	42	<b>a</b>
180	36,2	<b>a</b>	32,9	<b>a b</b>	42,6	<b>a</b>



### 5.2.3.2. Měření SPAD dne 19. 6. 2017

V druhém termínu měření na konci druhé dekadý června byla situace jasnější a rozdíly mezi variantami výraznější. PG1428 dosáhl nejvyšších hodnot ve variantě 180 (38,2) a nejnižších v kontrolní variantě (33,6), obdobně dopadl Sládek na nízké konstrukci, kdy ve variantách 140 a 180 bylo naměřeno průměrných 41,9, resp. 41,3 jednotek, nejméně bylo naměřeno u kontroly, pouze 33,6 jednotek. Sládek na vysoké konstrukci zaznamenal nejvyšší průměrnou hodnotu taktéž u varianty 180 (46,0) a nejmenší u kontrolní varianty (40,9). Přehled hodnot je uveden v tabulce 28.

Tab. 28: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 19. 6. 2017.

19.06.2017						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	33,6	<b>c</b>	33,6	<b>b</b>	40,9	<b>c</b>
60	35,3	<b>b c</b>	36	<b>b</b>	43,1	<b>b</b>
100	35,9	<b>a b</b>	39,7	<b>a</b>	45,4	<b>a b</b>
140	37,5	<b>a</b>	41,9	<b>a</b>	43,3	<b>b c</b>
180	38,2	<b>a</b>	41,3	<b>a</b>	46	<b>a</b>

### 5.2.3.3. Měření SPAD dne 3. 7. 2017

Na začátku července byly hodnoty SPAD u Sládka na nízké konstrukci obdobné jako při předchozím měření, ovšem PG1428 se projevil výrazným navýšením, především u hnojených variant. Nejvyšší hodnota byla naměřena u varianty 180, a to 43,3 jednotek. Sládek na vysoké konstrukci vykázal statisticky shodné průměrné hodnoty, které se pohybovaly mezi 43,8 a 46,6 jednotek. Přehled hodnot je uveden v tabulce 29.

Tab. 29: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 3. 7. 2017.

03.07.2017						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	35,6	<b>c</b>	32,6	<b>c</b>	43,8	<b>a</b>
60	38,2	<b>b</b>	37,3	<b>b</b>	44,4	<b>a</b>
100	42,4	<b>a</b>	39,5	<b>a b</b>	45,5	<b>a</b>
140	42	<b>a</b>	41,9	<b>a</b>	46,6	<b>a</b>
180	43,3	<b>a</b>	40,9	<b>a</b>	45,2	<b>a</b>

### 5.2.3.4. Měření SPAD dne 18. 7. 2017

V polovině července se hodnoty PG1428 i Sládka na nízké konstrukci držely v podstatě stejných intervalech, výrazně se změnily jen u Sládka na konstrukci vysoké, který dosáhl až 50,2 jednotek ve variantě 180. Hodnoty z nízkých konstrukcí v roce 2017 byly i při tomto měření nižší v porovnání s rokem 2016. Přehled hodnot je uveden v tabulce 30.

Tab. 30: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 18. 7. 2017.

18.07.2017						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	35,5	<b>c</b>	34,8	<b>b</b>	46,5	<b>b</b>
60	40,9	<b>b</b>	37,4	<b>b</b>	48,2	<b>a b</b>
100	41,5	<b>b</b>	37,4	<b>b</b>	47,8	<b>a b</b>
140	44,3	<b>a</b>	41,3	<b>a</b>	48	<b>a b</b>
180	43,3	<b>a b</b>	41,7	<b>a</b>	50,2	<b>a</b>

### 5.2.3.5. Měření SPAD dne 4. 8. 2017

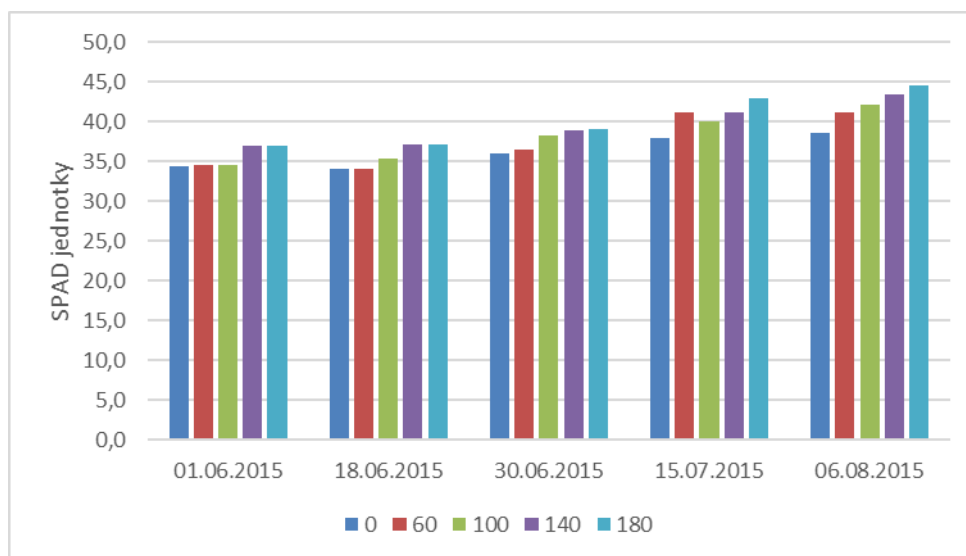
Poslední termín měření SPAD jednotek v rámci sledování přinesl stabilní hodnoty u PG1428 a Sládka na nízké konstrukci, kdy se prakticky měsíc nedošlo k žádné výrazné změně. Lehký nárůst ve hnojených variantách zaznamenal Sládek na vysoké konstrukci, a to až na 52,3 jednotek ve variantě 180. Přehled hodnot je uveden v tabulce 31.

Tab. 31: Statistické vyhodnocení vlivu stupňovaných dávek dusíku na SPAD 4. 8. 2017.

04.08.2017						
Varianta	Chlorofylmetrické jednotky					
	PG1428		Sládek NK		Sládek VK	
0	36,1	<b>c</b>	35,8	<b>b</b>	45,9	<b>c</b>
60	39,5	<b>b</b>	37,3	<b>b</b>	49	<b>b</b>
100	43,2	<b>a</b>	41,9	<b>a</b>	50,7	<b>a b</b>
140	44,4	<b>a</b>	42,6	<b>a</b>	50,8	<b>a b</b>
180	44,3	<b>a</b>	42,8	<b>a</b>	52,3	<b>a</b>

## 5.2.4. Shrnutí výsledků měření SPAD

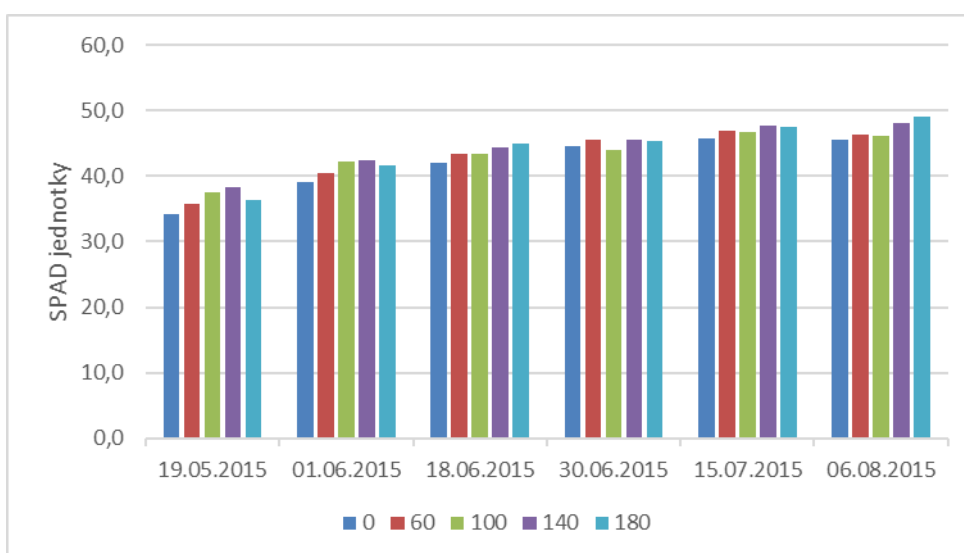
Měření SPAD hodnot pro orientační a rychlé stanovení výživného stavu rostlin přineslo očekávané výsledky, kdy byla patrná korelace mezi zvyšující se dávkou dusíkatých hnojiv a hodnotou SPAD. V porovnání tří sledovaných ročníků byly naměřeny nejvyšší průměrné hodnoty napříč variantami v roce 2016. Nejnižší naopak v roce 2015. U všech odrůd byl pozorován nárůst hodnot směrem od dlouhivého růstu k hlávkování a dozrávání. Atypické hodnoty byly zaznamenány na začátku srpna 2015, kdy by ještě neměly klesat, ovšem v důsledku negativních vlivů počasí došlo k zasychání rostlin odrůdy Sládek na nízké konstrukci s absencí závlahového systému a celkovému odumření nadzemní biomasy před dosažením technologické zralosti. Genotyp PG1428 se v roce 2015 udržel ve vitálním stavu přibližně o 10 dní déle, ovšem ani ten neunikl stejnému osudu jako Sládek. Jediným porostem, který přežil relativně bez úhony do doby sklizně, byl Sládek na vysoké konstrukci, jehož tepelný a vodní stres byl významně omezen působením kapkové závlahy. Přehled výsledků z roku 2015 je znázorněn grafy 10 (PG1428), 11 (Sládek na NK) a 12 (Sládek na VK).



Graf 10: Vývoj SPAD hodnot genotypu PG1428 v roce 2015.



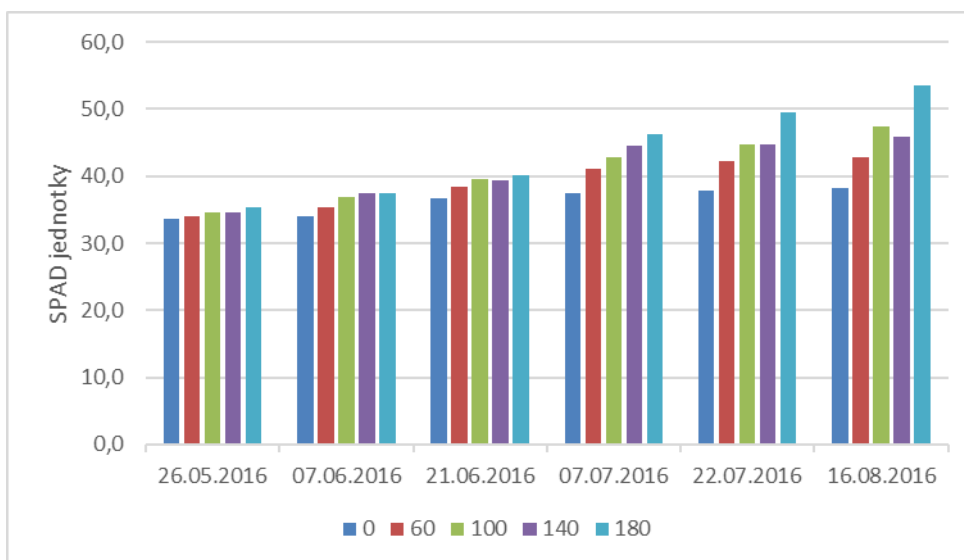
Graf 11: Vývoj SPAD hodnot odrůdy Sládek na nízké konstrukci v roce 2015.



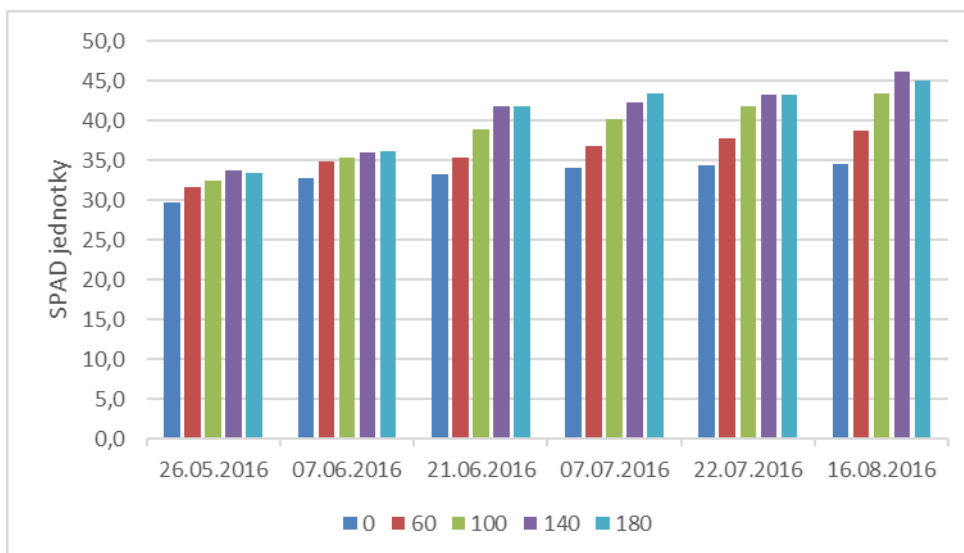
Graf 12: Vývoj SPAD hodnot odrůdy Sládek na vysoké konstrukci v roce 2015.

V roce 2015 byla u všech sledovaných porostů zjištěna silná statistická závislost SPAD jednotek na zvyšující se dávce dodaného minerálního dusíku. Vzhledem k charakteru dat byly ke statistickému šetření závislostí použity ročníkové průměry získaných hodnot. Korelační koeficient u PG1428 dosáhl hodnoty  $r = 0,993$ , koeficient determinace  $r^2 = 0,987$ . Závislost u Sládka na nízké konstrukci dosáhla  $r = 0,988$  a  $r^2 = 0,976$  a u Sládka na vysoké konstrukci  $r = 0,95$  a  $r^2 = 0,902$ .

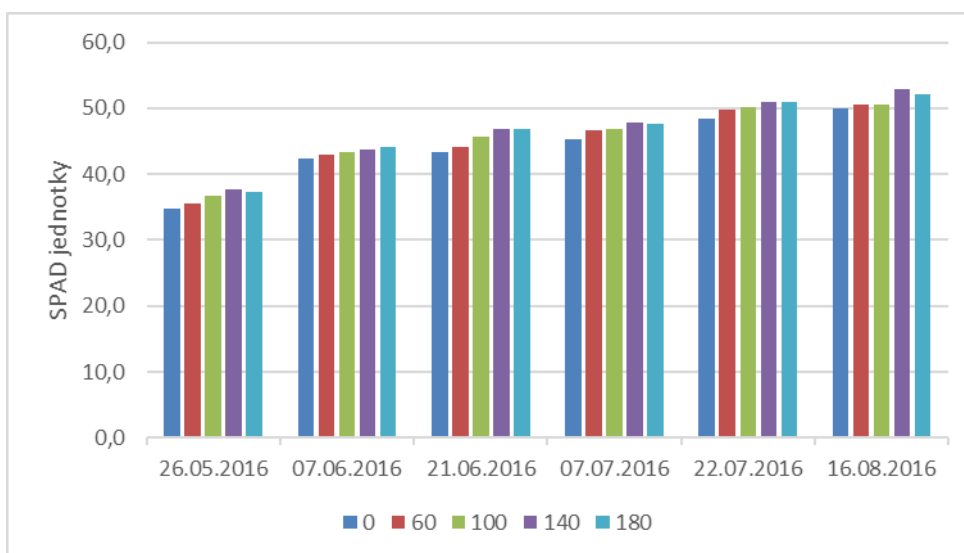
Rok 2016 byl v historii českého chmelařství rekordním ročníkem z hlediska výnosu (1,61 t.ha<sup>-1</sup>). Teplotní a srážkové podmínky v průběhu letních měsíců byly ideální pro pěstování chmele, a to se odrazilo i v hodnotě naměřené chlorofylmetrem SPAD. Nárůst hodnot v době od dlouhivého růstu směrem k hlávkování a dozrávání byl strmější a u variant s dávkami dusíku nad 100 kg.ha<sup>-1</sup> se projevil prodlužováním vegetační doby, což se odrazilo v neochotě listů ke snižování hodnoty SPAD. V roce 2016 byly naměřeny nejvyšší průměrné hodnoty ze všech sledovaných let, nejvyšší u genotypu PG1428 ve variantě 180 v termínu 16. 8. 2016. Sládek na vysoké konstrukci vykazoval poměrně malé rozdíly mezi variantami. Dle půdních i listových analýz je to způsobeno dobrou zásobeností půdy, potažmo rostlin, živinami, neboť i přes vynechání dusíkaté výživy v posledních dvou letech, měl k dispozici stále dostatek minerálního dusíku pro bezproblémovou vegetaci. To je důsledkem předchozího intenzivního obhospodařování půdy ve vysoké konstrukci. Průměrné hodnoty v jednotlivých termínech měření jsou znázorněny grafy 13, 14 a 15.



Graf 13: Vývoj SPAD hodnot genotypu PG1428 v roce 2016.



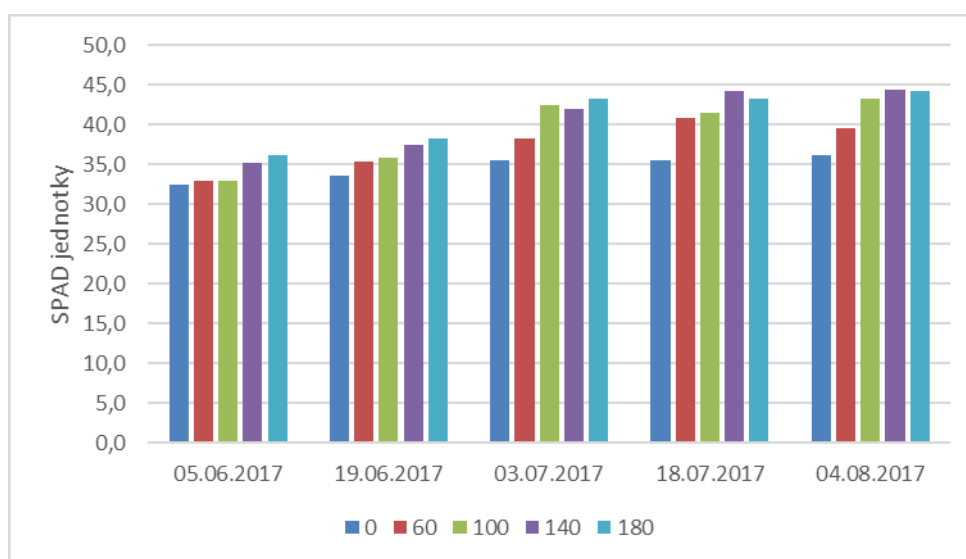
Graf 14: Vývoj SPAD hodnot odrůdy Sládek na nízké konstrukci v roce 2016.



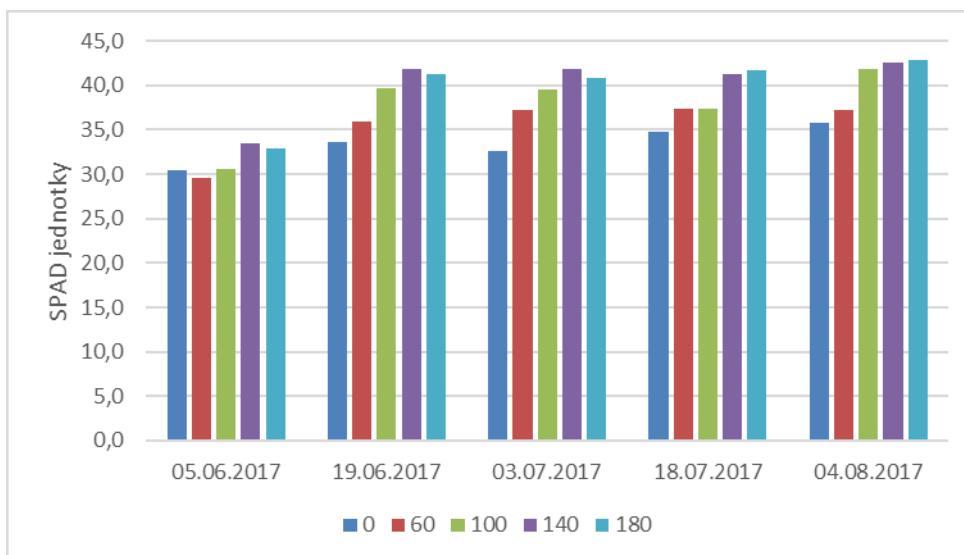
Graf 15: Vývoj SPAD hodnot odrůdy Sládek na vysoké konstrukci v roce 2016.

I v roce 2016 byla u všech porostů zjištěna silná statistická závislost na dávce dodaného dusíku. Hodnoty korelačních koeficientů  $r$  a koeficientů determinace  $r^2$  dosáhly hodnot  $r = 0,98$  a  $r^2 = 0,96$  u PG1428,  $r = 0,971$  a  $r^2 = 0,943$  u Sládka na nízké konstrukci a  $r = 0,962$  a  $r^2 = 0,925$  u Sládka na konstrukci vysoké.

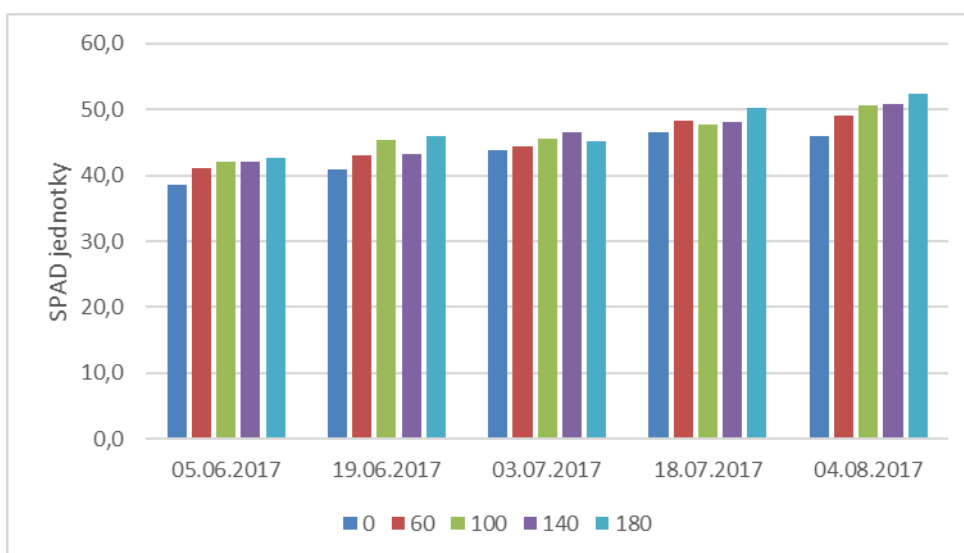
Rok 2017 nebyl z hlediska pěstování chmele ideální, především z pohledu nedostatku srážek v průběhu klíčových vývojových fází pazochování, kvetení a hlávkování. I přes tento nedostatek se podařilo dosáhnout uspokojivých hodnot, kdy oba porosty na nízké konstrukci opět prokázaly výrazné rozdíly mezi variantami s postupující ontogenezí. V roce 2017 se také projeví výraznější rozdíly ve SPAD jednotkách u Sládka na vysoké konstrukci. To lze přičíst faktu, že ve třetím roce experimentu se postupně vyčerpá minerální dusík z půdy a rostliny kontrolní varianty začaly pociťovat jeho deficit v porovnání s variantami hnojenými. Hodnoty z nízkých konstrukcí již nedosahovaly úrovně 50 jednotek, zastavily se na úrovni 45 (PG1428), resp. 43 (Sládek) jednotek. Přes 50 jednotek se dostal jen Sládek na vysoké konstrukci v posledním termínu měření 4. 8. 2017. Získaná data jsou graficky vyvedena v grafech 16, 17 a 18. Přehled průměrných hodnot je také zobrazen v tabulce 32. Grafické výstupy z programu Statistica znázorňující rozložení hodnot v souborech jsou součástí kapitoly Přílohy (grafy 87 – 135).



Graf 16: Vývoj SPAD hodnot genotypu PG1428 v roce 2017.



Graf 17: Vývoj SPAD hodnot odrůdy Sládek na nízké konstrukci v roce 2017.



Graf 18: Vývoj SPAD hodnot odrůdy Sládek na vysoké konstrukci v roce 2017.

V posledním roce sledování byly opět zjištěny silné statistické závislosti průměrných SPAD hodnot na zvyšující se dávce dusíku. Jelikož měly všechny varianty v jednotlivých porostech po celou dobu experimentu stejné podmínky a lišily se jen dávkou dodaného dusíku, staly se hodnoty SPAD nejsilnějším ze sledovaných parametrů závislých na variantě. Korelační koeficienty a koeficienty determinace v roce 2017:

PG1428:  $r = 0,982$ ,  $r^2 = 0,965$ ,

Sládek na nízké konstrukci:  $r = 0,968$ ,  $r^2 = 0,937$ ,



Sládek na vysoké konstrukci:  $r = 0,957$ ,  $r^2 = 0,916$ .

Tab. 32: Průměrné roční hodnoty SPAD dle variant a genotypů.

		0	60	100	140	180
PG1428	2015	36,2	37,5	38,1	39,5	40,1
	2016	36,3	39,0	41,0	41,1	43,7
	2017	34,7	37,4	39,2	40,7	41,1
Sládek NK	2015	32,5	33,6	35,5	37,3	38,7
	2016	33,1	35,8	38,6	40,5	40,5
	2017	33,4	35,5	37,8	40,2	39,9
Sládek VK	2015	41,8	43,0	43,3	44,4	44,2
	2016	44,0	45,0	45,6	46,7	46,5
	2017	43,1	45,1	46,3	46,1	47,3

### 5.3. Měření rychlostí fotosyntézy a transpirace genotypu PG1428

#### 5.3.1. Výsledky v roce 2015

##### 5.3.1.1. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 5. 6. 2015

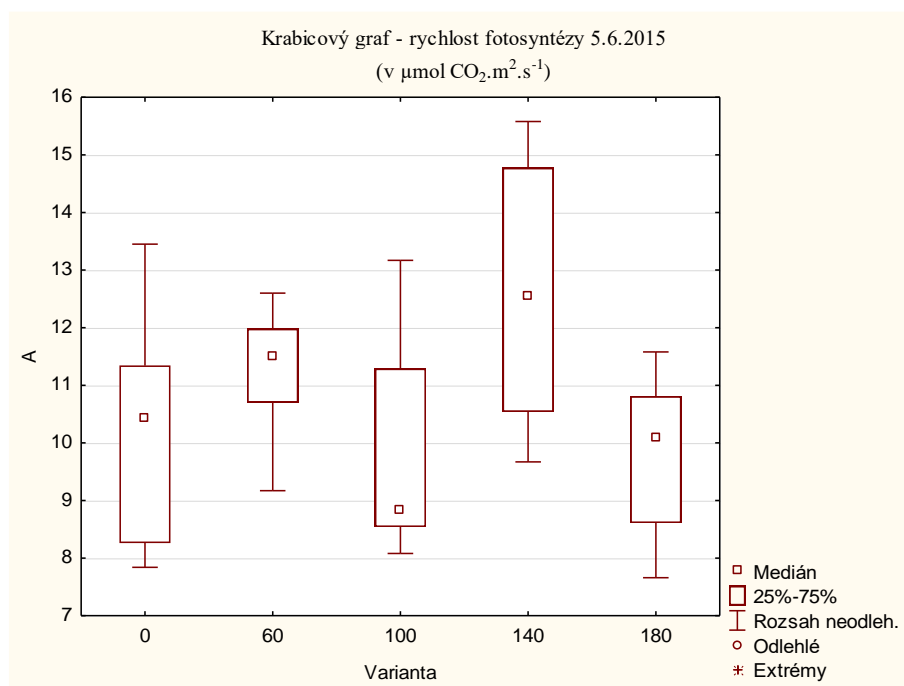
V roce 2015 byla pro statistickou analýzu rychlostí fotosyntézy (A) a transpirace (E) genotypu PG1428 použita data ze čtyř termínů měření.

Při prvním termínu 5. 6. dosáhly nejvyšší průměrné rychlosti fotosyntézy listy rostlin varianty 140, a to  $12,63 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Nejnižší rychlosti naopak rostliny variant 100 a 180 ( $9,75$ , resp.  $9,8 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Při prvním měření tak nebyla pozorována statistická závislost mezi rychlostí fotosyntézy a stoupající dávkou dusíku. Statistická diference mezi variantami je znázorněna v tabulce 33, grafické rozložení naměřených hodnot v grafu 19. Rozdílnost písmen v tabulkovém přehledu značí statisticky významnou rozdílnost jednotlivých souborů.

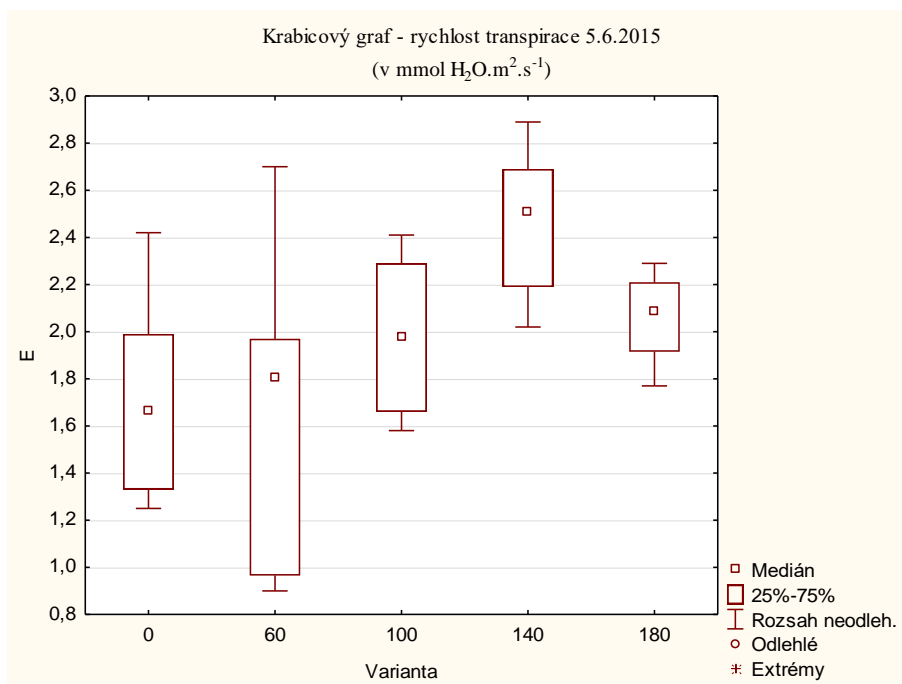
Tab. 33: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 5. 6. 2015.

05.06.2015				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ]	
0	10,17	<b>b c</b>	1,71	<b>a b</b>
60	11,37	<b>b c</b>	1,61	<b>a b</b>
100	9,75	<b>c</b>	1,98	<b>b</b>
140	12,63	<b>a</b>	2,48	<b>c</b>
180	9,8	<b>c</b>	2,07	<b>b</b>

Rychlost transpirace se na začátku června pohybovala okolo hodnoty 2  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ , nejnižší zaznamenanou průměrnou hodnotu vykazovaly rostliny varianty 60 a 0 (1,61, resp. 1,71  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ), nejvyšší naopak 140 (2,48  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ). Diference znázorněna v tabulce 33 a grafu 20.



Graf 19: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 5. 6. 2015.



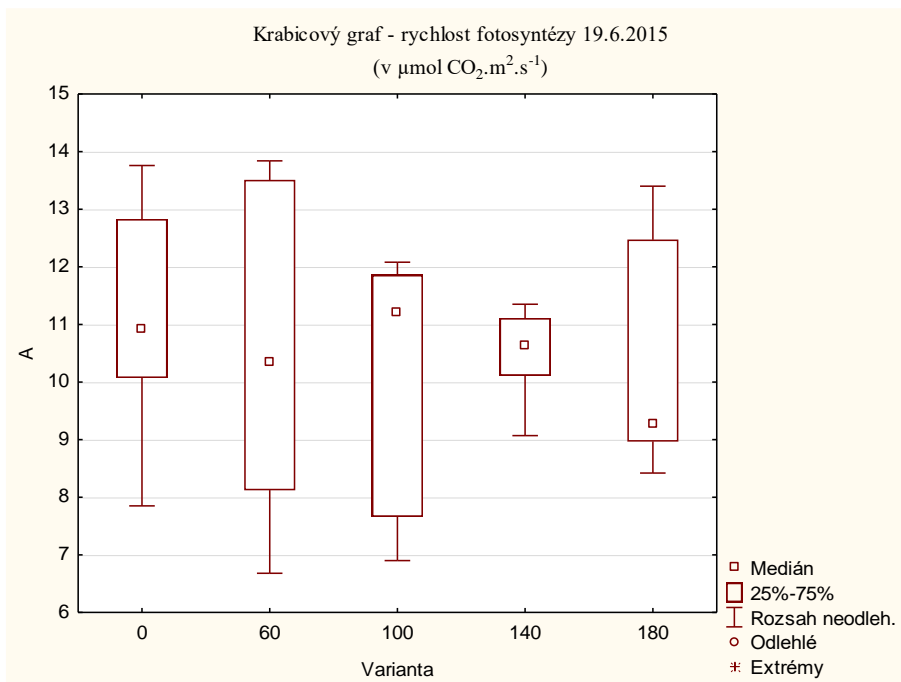
Graf 20: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 5. 6. 2015.

### 5.3.1.2. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 19. 6. 2015

Nejvyšší rychlosti fotosyntézy v tento den měření dosáhla překvapivě kontrolní varianta bez hnojení dusíkem (11,25  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ). Projevila se slabá statistická odchylka od ostatních variant. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány u listů varianty 100 (9,84  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ), ovšem opět se slabou statistickou odchylkou. Mezi rychlostí fotosyntézy a zvyšující se dávkou dusíku nebyla opět pozorována statistická závislost. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 34 a grafu 21.

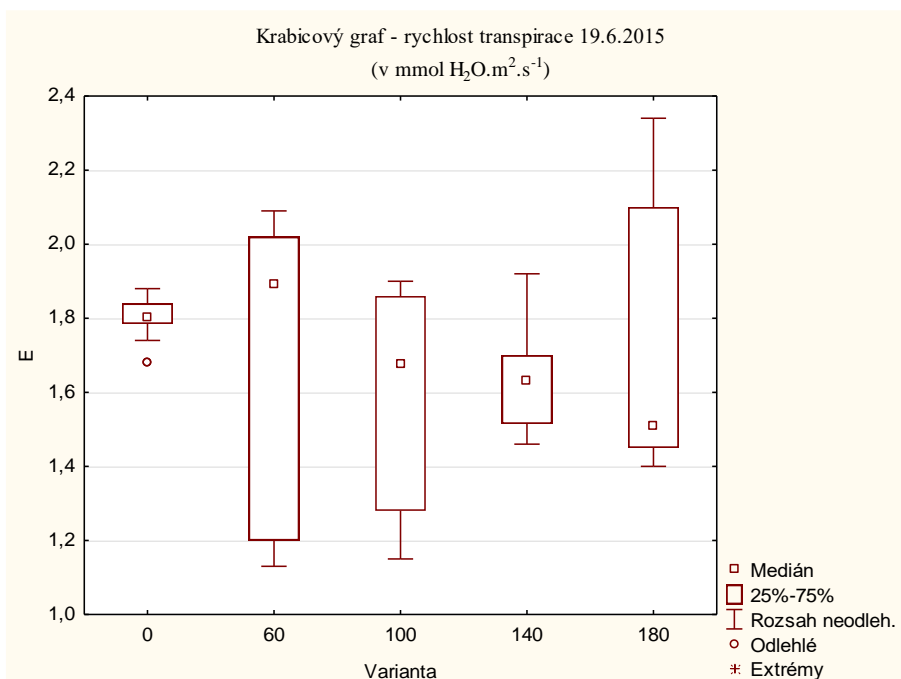
Tab. 34: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 19. 6. 2015

19.06.2015				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [mmol H <sub>2</sub> O.m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	
0	11,25	<b>a b</b>	1,81	<b>b</b>
60	10,62	<b>b</b>	1,62	<b>a</b>
100	9,84	<b>b c</b>	1,59	<b>a</b>
140	10,52	<b>b</b>	1,63	<b>a</b>
180	10,42	<b>b</b>	1,75	<b>a b</b>



Graf 21: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 19. 6. 2015.

Rychlost transpirace se oproti prvnímu termínu měření snížila. Nejnižších hodnot dosáhly varianty 100, resp. 60 a 140 ( $1,59$  až  $1,63 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ), mezi kterými nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl. Nejvyšší rychlosti transpirace bylo dosaženo ve variantě 0, a to  $1,81 \text{ mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ . Vliv výživy dusíkem na rychlost transpirace nebyl zjištěn. Diference jsou znázorněny v tabulce 34 a rozložení hodnot v grafu 22.



Graf 22: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 19. 6. 2015.

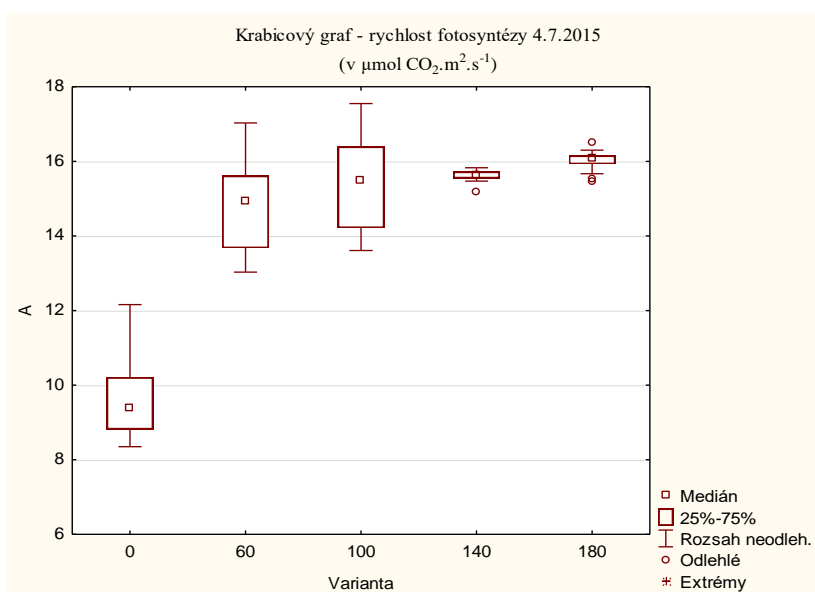
### 5.3.1.3. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 30. 6. 2015

Poslední červnový den roku 2015 se již projevila pozitivní závislost rychlosti fotosyntézy na dávce dusíku. Nejvyšší průměrné rychlosti fotosyntézy dosáhly listy varianty s nejvyšší dávkou dusíku, tj. 180 kg.ha<sup>-1</sup> (16,02 μmol CO<sub>2</sub>.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>). Nejnižší naopak rostliny kontrolní varianty, a to 9,66 μmol CO<sub>2</sub>.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. V tomto termínu byla také zaznamenána nejvyšší naměřená hodnota roku 2015, a to 17,55 μmol CO<sub>2</sub>.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. V kontextu rychlostí fotosyntézy, kterých dosáhly již registrované odrůdy pro vysokou konstrukci Premiant, Sládek nebo Agnus v předchozích letech (průměrných 6 – 10 μmol CO<sub>2</sub>.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>), je to nadprůměrná hodnota.

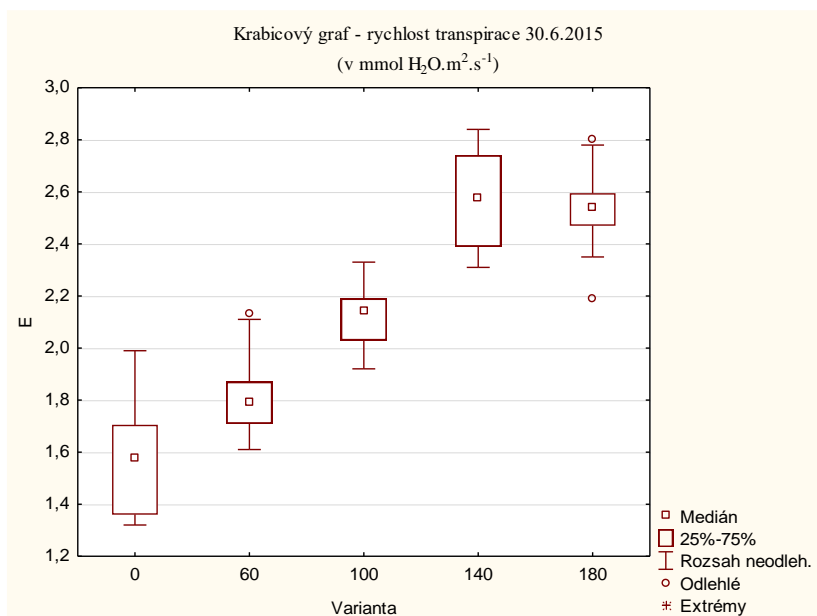
V témže termínu se projevila i závislost rychlosti transpirace na úrovni výživy dusíkem, ovšem v negativní korelaci. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u kontrolní varianty (průměrných 1,57 mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>), nejvyšší u varianty 140 a 180 s 2,57, resp. 2,55 mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Přehled hodnot je uveden v tabulce 35, rozdělení hodnot je znázorněno grafy 23 a 24.

Tab. 35: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 30. 6. 2015.

30.06.2015				
	Rychlost fotosyntézy [μmol CO <sub>2</sub> .m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]		Rychlost transpirace [mmol H <sub>2</sub> O.m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	
0	9,66	<b>d</b>	1,57	<b>a</b>
60	14,82	<b>c</b>	1,8	<b>b</b>
100	15,38	<b>b</b>	2,12	<b>c</b>
140	15,62	<b>a b</b>	2,57	<b>d</b>
180	16,02	<b>a</b>	2,55	<b>d</b>



Graf 23: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 30. 6. 2015.



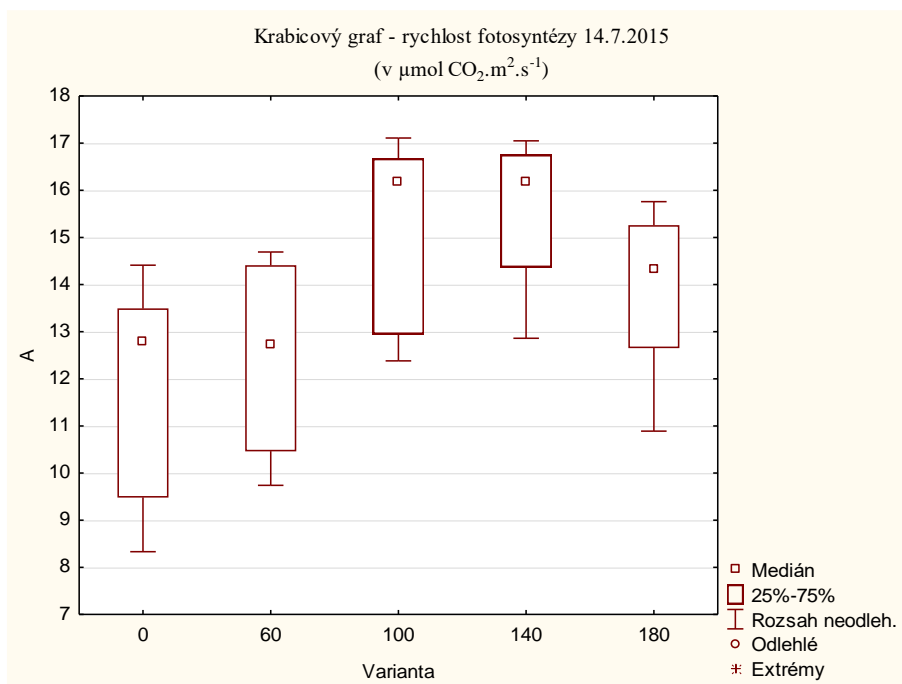
Graf 24: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 30. 6. 2015.

#### 5.3.1.4. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 14. 7. 2015

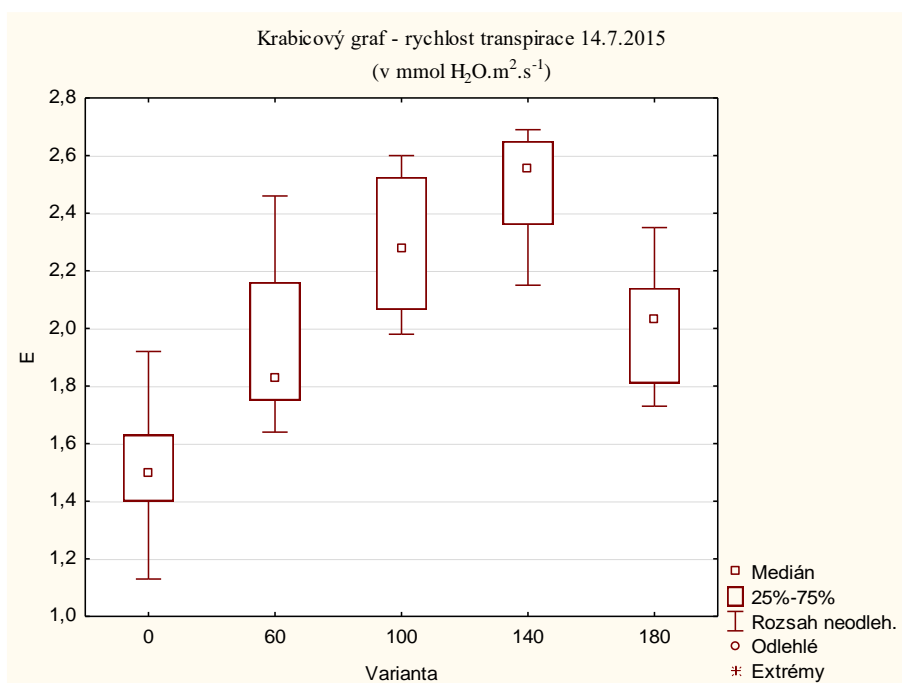
V polovině července 2015 byla zjištěna podobná závislost v rychlosti fotosyntézy jako při předchozím měření, nejvyšší rychlosti byly zaznamenány u varianty 140 (15,61  $\mu\text{mol CO}_2\text{.m}^2\text{.s}^{-1}$ ), nejnižší u kontrolní varianty a varianty s nejnižší dávkou dusíku (11,56, resp. 12,54  $\mu\text{mol CO}_2\text{.m}^2\text{.s}^{-1}$ ). Přehled hodnot je uveden v tabulce v tabulce 36, statistické rozložení hodnot je znázorněno grafy 25 a 26. Pokles rychlosti fotosyntézy i transpirace ve variantě 180 byl pravděpodobně způsoben teplotním stresem, kdy dva dny před termínem měření skončila teplá perioda počasí a nastalo razantní ochlazení, na které nejvíce hnojené rostliny zareagovaly citlivěji výrazným zpomalením fotosyntézy a transpirace oproti variantám s nižšími dávkami dusíku.

Tab. 36: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 14. 7. 2015.

14.07.2015				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2\text{.m}^2\text{.s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [mmol H <sub>2</sub> O.m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	
0	11,56	c	1,53	a
60	12,54	c	1,93	b
100	14,95	a b	2,29	c
140	15,61	a	2,5	d
180	13,96	b	2	b



Graf 25: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 14. 7. 2015.



Graf 26: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 14. 7. 2015.

### 5.3.1.5. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 6. 8. 2015

V termínu 6. 8. proběhlo poslední plánované měření fyziologických parametrů roku 2015, avšak při zpracování zdrojových souborů bylo zjištěno, že z důvodu poruchy konektoru

měřicí hlavice nedošlo k zaznamenání dat na paměťové médium. Data z tohoto měření nebyla pro statistickou analýzu k dispozici.

### 5.3.2. Výsledky v roce 2016

V roce 2016 bylo naplánováno 5 standardních měření fyziologických parametrů. Průběh počasí v období od konce května do srpna byl oproti extrémně teplému a suchému červenci a srpnu roku 2015 mnohem příznivější pro tvorbu výnosu chmele, zvláště nezavlažovaného. Červen a červenec 2016 byly charakteristické poměrně rovnoměrně rozloženými a dostatečnými srážkami, což v posledních letech nebývá běžné. Delší perioda sucha nastala až po 5. 8., kdy do konce srpna napršelo pouhých 7 mm. Rok 2016 byl také prvním, kdy byla rychlost fotosyntézy a transpirace měřena dle upravené metodiky.

#### 5.3.2.1. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 6. 6. 2016

První měření roku 2016 proběhlo 6. 6., nejvyšší hodnoty rychlosti fotosyntézy dosáhly listy rostlin varianty 180 ( $11,07 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ), naopak nejnižší hodnoty byly zaznamenány u kontrolní varianty a varianty s nejnižší dávkou dusíku (8,45, resp.  $8,68 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi variantami 0-60 a 100-140-180. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 37.

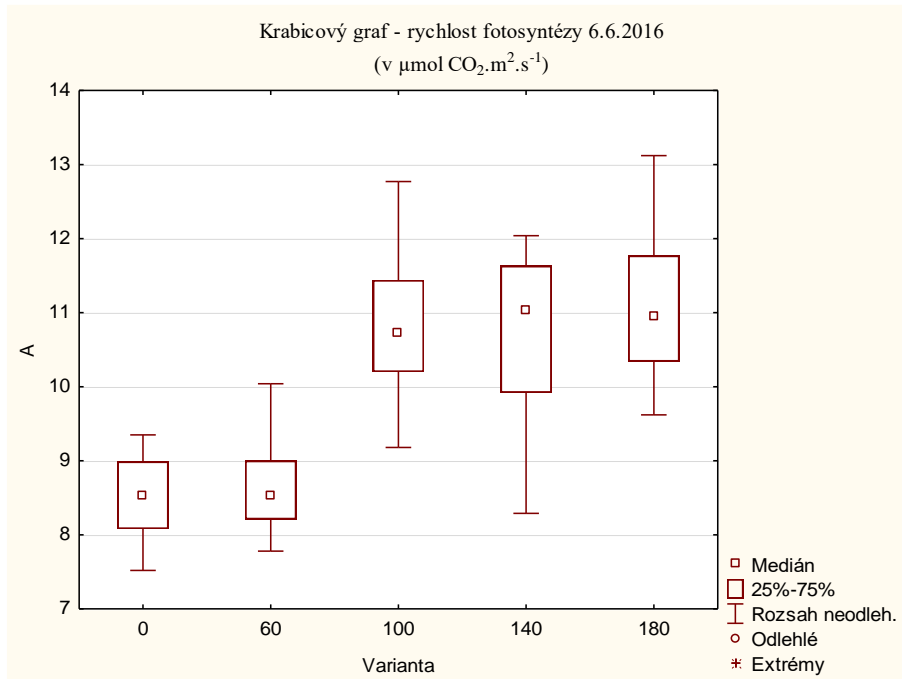
Tab. 37: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 6. 6. 2016.

06.06.2016				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	
0	8,45	<b>b</b>	1,58	<b>a</b>
60	8,68	<b>b</b>	1,44	<b>a</b>
100	10,86	<b>a</b>	1,6	<b>a</b>
140	10,83	<b>a</b>	1,99	<b>b</b>
180	11,07	<b>a</b>	1,99	<b>b</b>

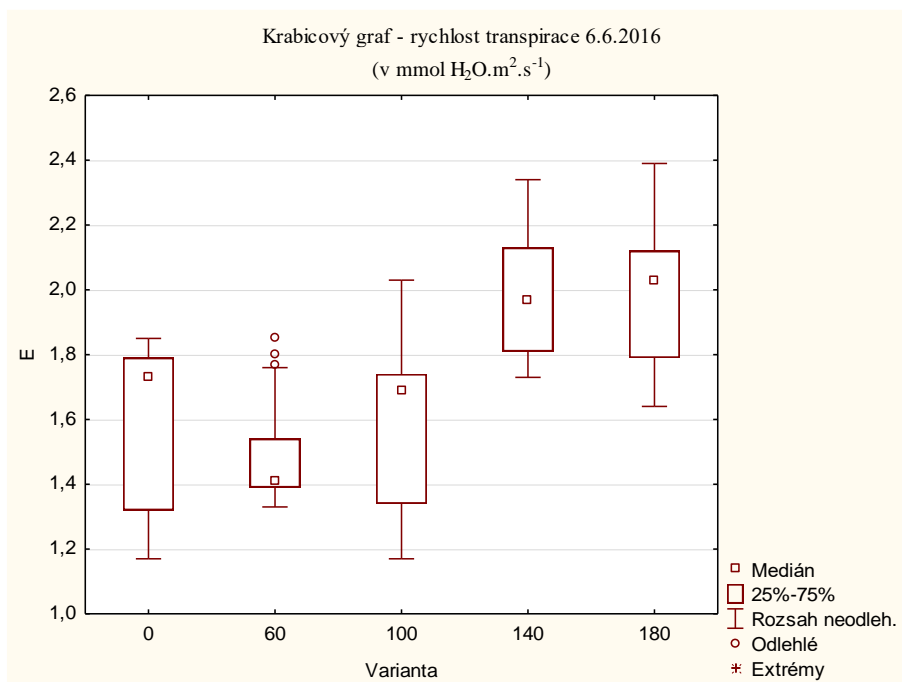
V rychlosti transpirace nebyl zjištěn statistický rozdíl mezi variantami 0-60-100 a 140-180, obě varianty s nejvyššími dávkami dusíku však vykazovaly vyšší rychlost transpirace



na úrovni  $2 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^2.\text{s}^{-1}$ . Grafické rozložení hodnot rychlostí fotosyntézy a transpirace je vyjádřeno grafy 27 a 28.



Graf 27: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 6. 6. 2016.



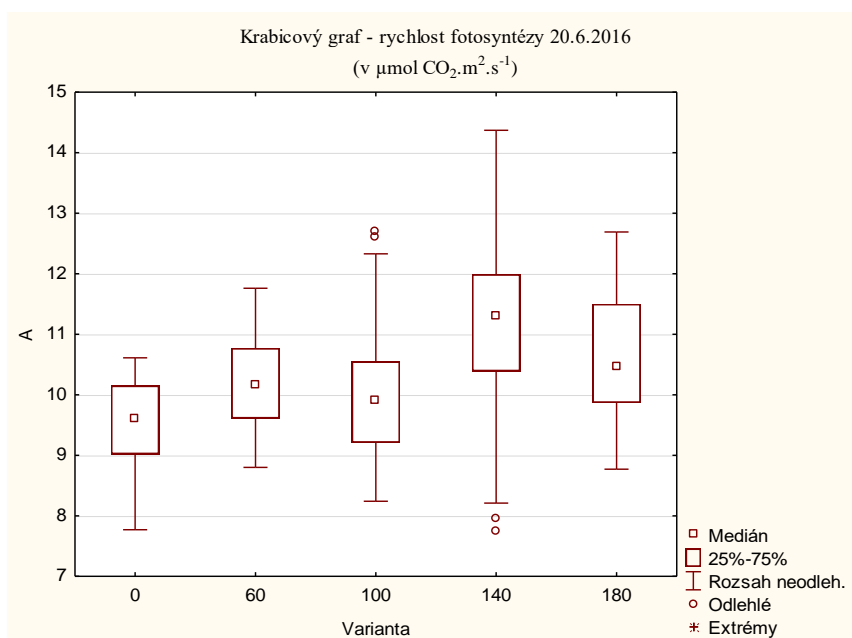
Graf 28: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 6. 6. 2016.

### 5.3.2.2. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 20. 6. 2016

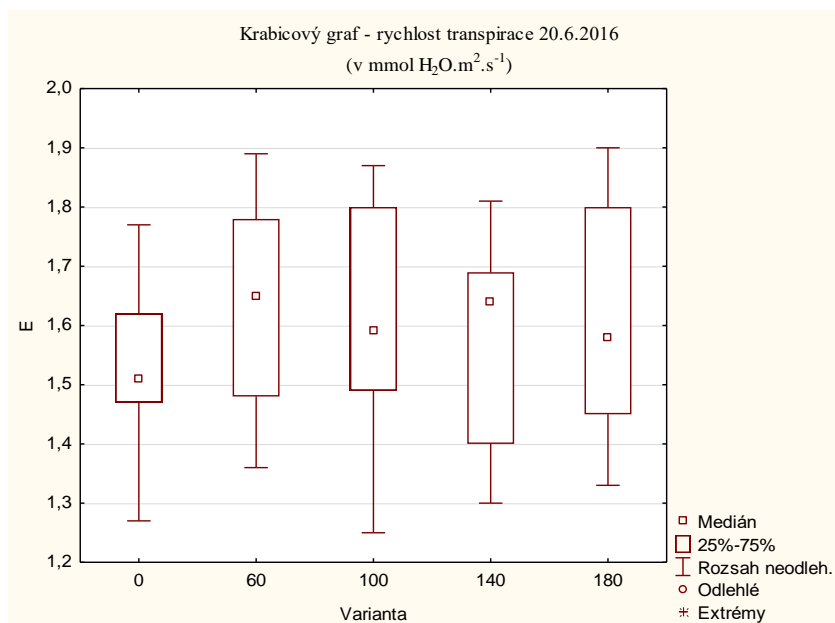
Nejvyšší hodnoty rychlosti fotosyntézy 20. 6. 2016 dosáhly listy varianty 140 (11,13  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ), nejnižší listy kontrolní varianty 0 (9,54  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ). Rychlost transpirace se lišila ještě méně, její hodnoty se pohybovaly okolo 2  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$  bez ohledu na variantu, i když statistika prokázala významný rozdíl mezi variantami. Vyšší rychlost transpirace byla pravděpodobně způsobena dostatečným množstvím vody v rostlině, kterou přijala během deštivého období mezi 15. a 17. 6., kdy napršelo přibližně 25 mm srážek. Přehled hodnot je uveden v tabulce 38, rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy a transpirace je znázorněno grafy 29 a 30.

Tab. 38: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 20. 6. 2016.

20.06.2016				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ]	
0	9,54	c	1,82	a
60	10,14	b c	1,85	a b
100	10,08	b	1,99	b
140	11,13	a	1,95	a b
180	10,57	a b	2,01	b



Graf 29: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 20. 6. 2016



Graf 30: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 20. 6. 2016.

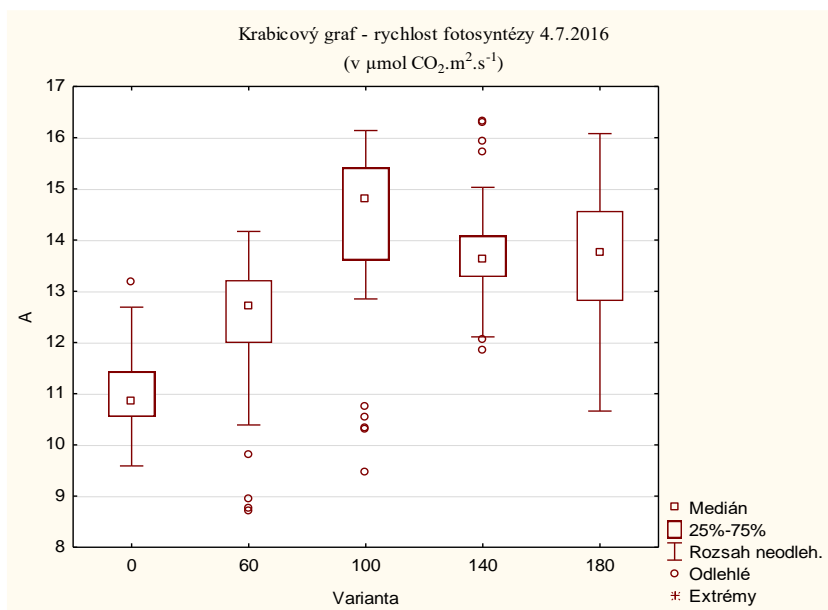
### 5.3.2.3. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 4. 7. 2016

Hodnoty rychlosti fotosyntézy a transpirace na začátku července byly velmi vyrovnané, k čemuž přispělo ideální počasí s průměrnými teplotami okolo 18 °C (v maximech 25, výjimečně 28 °C) a dostatkem srážek (mezi 20. 6. a 4. 7. 37 mm, z toho 20 mm 25. 6.). Byly tak eliminovány výkyvy hodnot způsobené vnějšími vlivy počasí a projevil se především vliv samotné výživy dusíkem. Nejnižší rychlost fotosyntézy byla zjištěna u kontrolní varianty (11,07  $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), statisticky se však nelišila od varianty 60 (12,19  $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Nejvyšší rychlost fotosyntézy pak byla zaznamenána u varianty 100 (13,95  $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), ovšem opět bez statisticky významného rozdílu s variantami 140 a 180 (13,86, resp. 13,62  $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ).

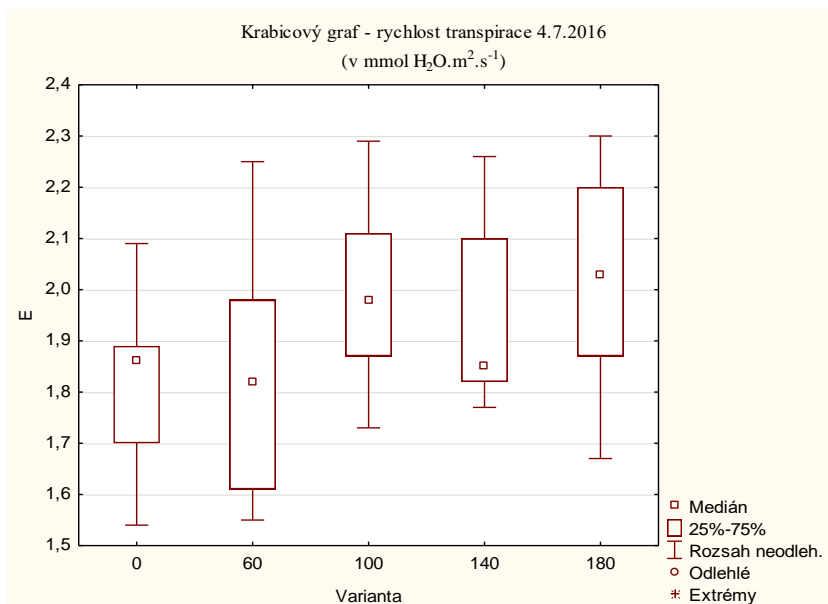
V rychlosti transpirace nebyla zjištěna statistická odlišnost mezi variantami, pohybovala se shodně okolo 1,6 mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Data jsou sumarizována tabulkou 39 a grafy 31 a 32.

Tab. 39: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 4. 7. 2016.

04.07.2016				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [mmol H <sub>2</sub> O.m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	
0	11,07	<b>b</b>	1,52	<b>a</b>
60	12,19	<b>b</b>	1,64	<b>a</b>
100	13,95	<b>a</b>	1,6	<b>a</b>
140	13,86	<b>a</b>	1,57	<b>a</b>
180	13,62	<b>a</b>	1,62	<b>a</b>



Graf 31: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 4. 7. 2016.



Graf 32: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 4. 7. 2016.

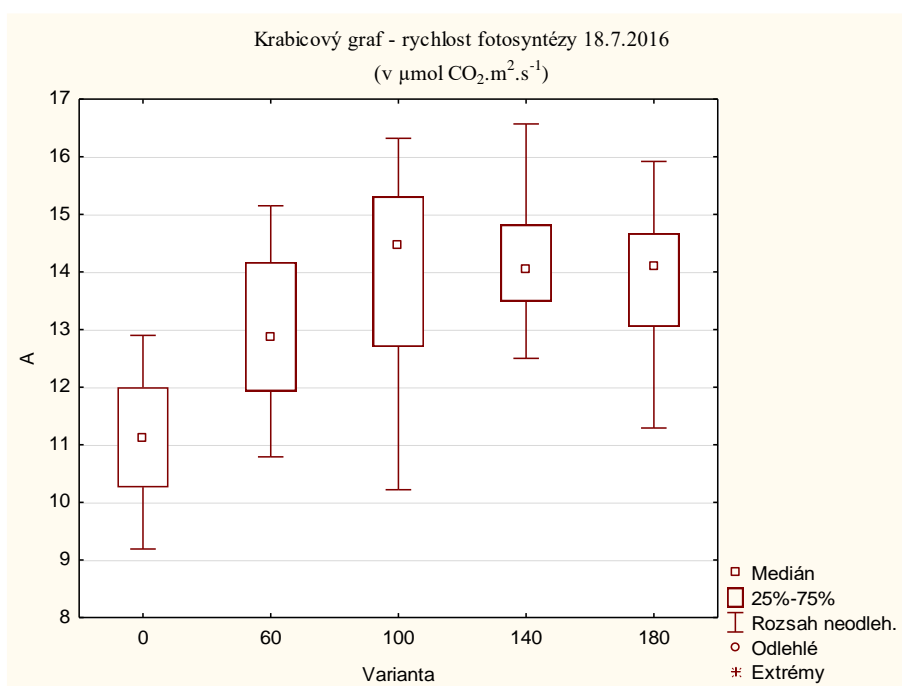
#### 5.3.2.4. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 18. 7. 2016

Rychlosti fotosyntézy během měření 18. 7. byly v podstatě totožné jako při předchozím měření, oproti němu však listy vykazovaly výrazně vyšší rychlost transpirace, opět pravděpodobně způsobenou výraznějšími srážkami 13. a 14. 7. (10, resp. 20 mm). Nejvyšší průměrná rychlost fotosyntézy byla zaznamenána u varianty 140 ( $14,37 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), nejnižší u kontrolní varianty ( $11,12 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). V průběhu července již byl patrný

vizuální rozdíl v barvě listů hnojených a nehnojené varianty. Největší statisticky průkazný rozdíl byl patrný právě mezi nehnojenou kontrolní variantou a variantou s nejnižší dávkou dusíku. Rozdíl mezi hnojenými variantami nebyl okem patrný, projevil se však částečně při měření SPAD jednotek. Hodnoty jsou graficky znázorněny grafem 33.

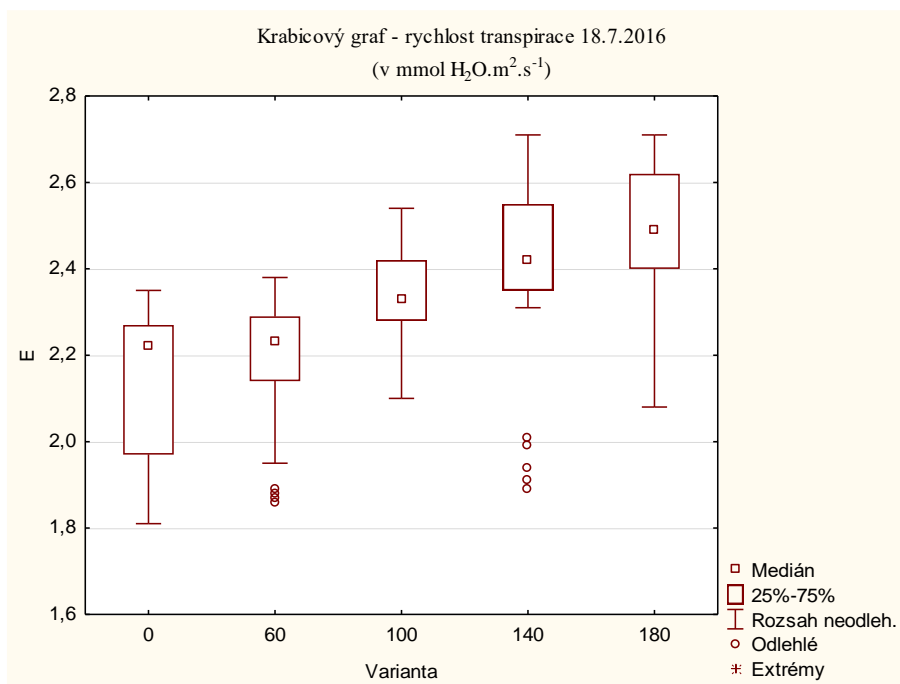
Tab. 40: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 18. 7. 2016.

18.07.2016				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ]	
0	11,12	<b>c</b>	2,12	<b>a</b>
60	12,93	<b>b</b>	2,18	<b>a</b>
100	13,98	<b>a</b>	2,33	<b>b</b>
140	14,37	<b>a</b>	2,38	<b>b</b>
180	13,88	<b>a b</b>	2,47	<b>b</b>



Graf 33: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 18. 7. 2016.

Rychlost transpirace byla celkově druhá nejvyšší ze sledovaných termínů roku 2016, předčila ji jen hodnota z posledního měření 1. 8. 2016. V termínu 18. 7. se pohybovala průměrná rychlost transpirace mezi 2,1 a 2,5  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ , jak je znázorněno tabulkou 40 a grafem 34.



Graf 34: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 18. 7. 2016.

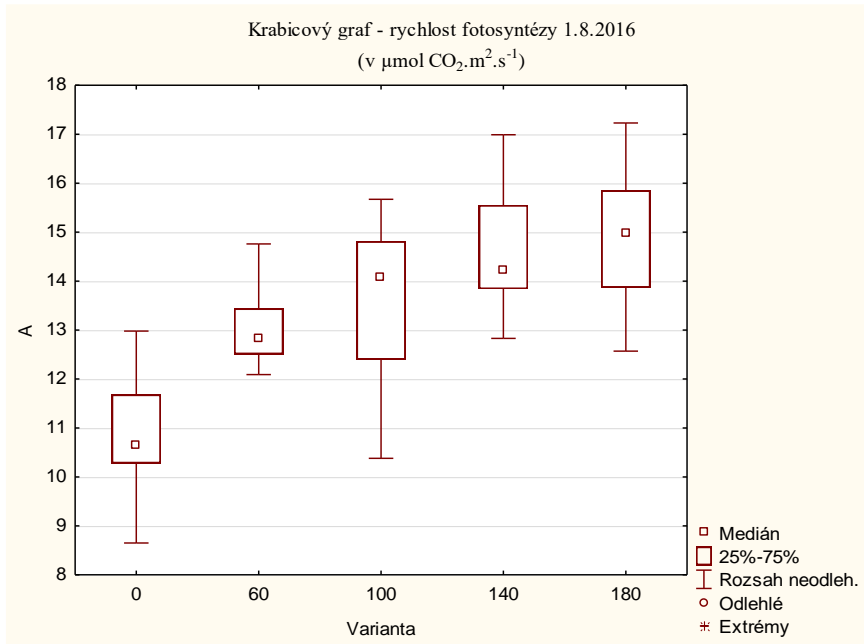
### 5.3.2.5. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 1. 8. 2016

Rychlosti fotosyntézy i transpirace první srpnový den roku 2016 dosahovaly nadprůměrných hodnot. Rychlost fotosyntézy byla dána dobrým zdravotním stavem a dostatečnou zásobeností rostlin vodou, která se podepsala i na vyšší rychlosti transpirace. Nejvyšší průměrná rychlost fotosyntézy byla naměřena u varianty s nejvyšší úrovní výživy dusíkem (14,92  $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), nejnižší u kontrolní nehnojené varianty (10,93  $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Nutno podotknout, že i hodnota na hranici 11  $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$  je poměrně vysoká v porovnání s hodnotami naměřenými v minulých letech u odrůd pro vysokou konstrukci.

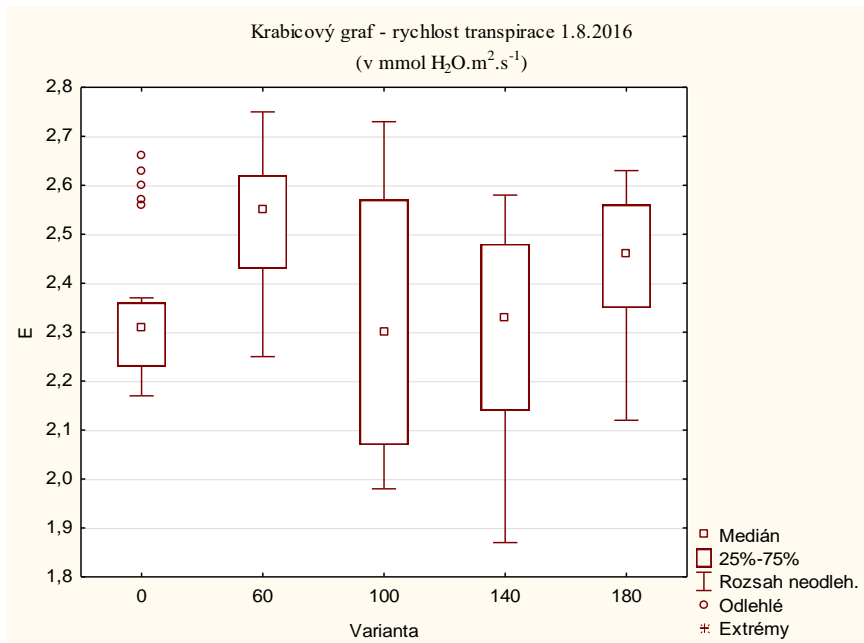
Rychlost transpirace vykázala pouze slabý statisticky významný rozdíl, kdy nejrychleji transpirovaly listy variant 60 a 180 (2,52 mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, resp. 2,43 mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>). Hodnoty průměrných rychlostí všech variant jsou uvedeny v tabulce 41, grafické znázornění je potom grafy 35 a 36.

Tab. 41: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 1. 8. 2016.

01.08.2016			
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]
0	10,93	<b>d</b> <b>c</b> <b>bc</b> <b>ab</b> <b>a</b>	2,34
60	13,07		2,52
100	13,61		2,33
140	14,53		2,28
180	14,92		2,43
			<b>a</b> <b>b</b> <b>a</b> <b>a</b> <b>ab</b>



Graf 35: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 1. 8. 2016.



Graf 36: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 1. 8. 2016.

### 5.3.3. Výsledky v roce 2017

Pro rok 2017 bylo naplánováno 5 termínů měření, které se podařilo naplnit. Počasí během vegetační sezony roku 2017 bylo jakýmsi kompromisem mezi lety 2015 a 2016. Srážky v červnu a v červenci byly na úrovni přibližně 50, resp. 40 % oproti roku 2016, ovšem průměrné teploty zůstaly stejně vysoké. To ovlivnilo jak rychlost fotosyntézy, tak i rychlost transpirace.

#### 5.3.3.1. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 5. 6. 2017

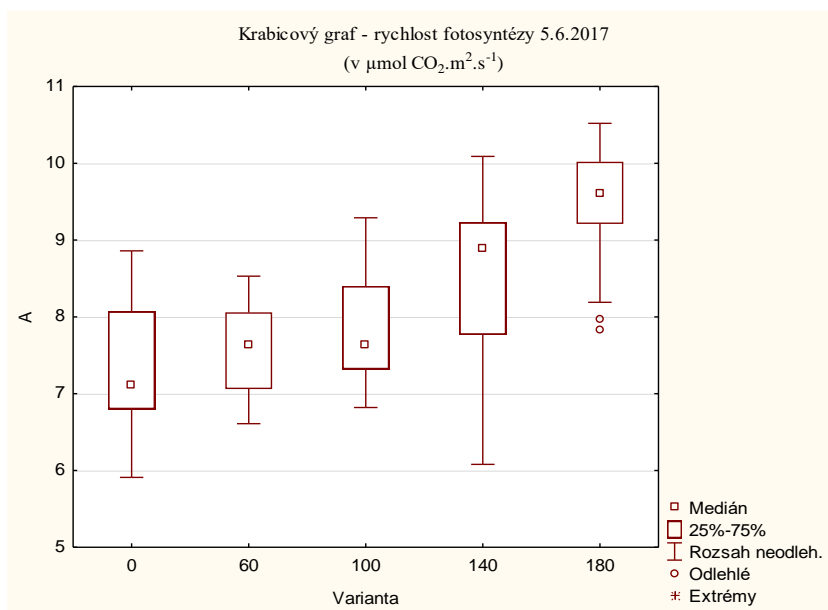
První den měření na začátku června vykazoval jasnou závislost rychlosti fotosyntézy na úrovni výživy dusíkem, kdy nevyšší průměrná hodnota byla naměřena u varianty 180 ( $9,44 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a nejnižší u kontrolní varianty ( $7,31 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Rozdíly v rychlosti transpirace byly statisticky nevýznamné, průměrná rychlost se pohybovala mezi 1,5 a 1,6  $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Přehled průměrných hodnot je uveden v tabulce č. 42, graficky jsou data znázorněna grafy 37 a 38.

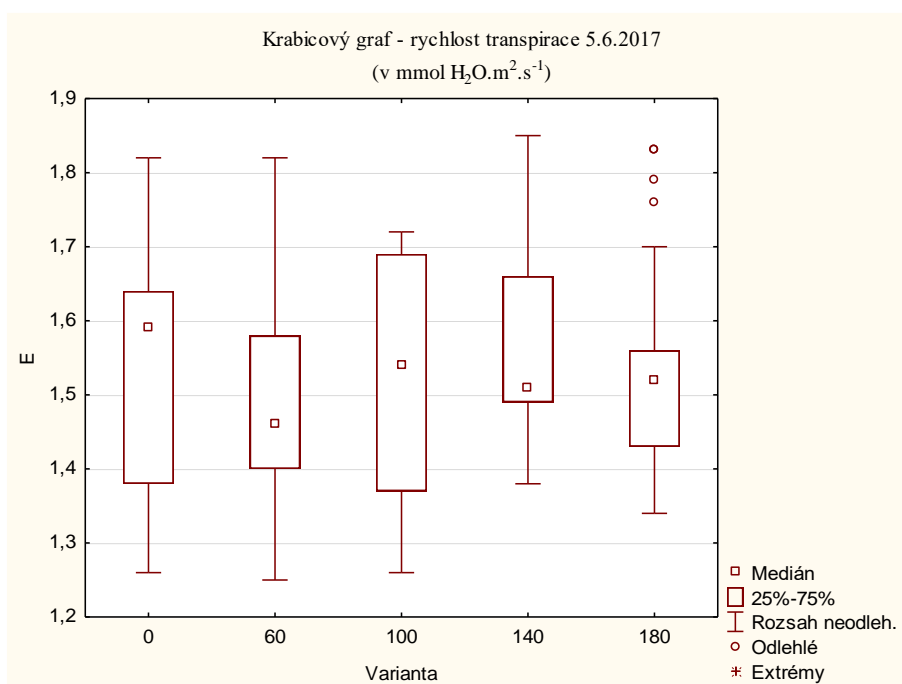
Tab. 42: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 5. 6. 2017.

05.06.2017				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ]	
0	7,31	c	1,54	a
60	7,58	c	1,49	a
100	7,91	bc	1,53	a
140	8,49	b	1,58	a
180	9,44	a	1,54	a





Graf 37: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 5. 6. 2017.



Graf 38: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 5. 6. 2017.

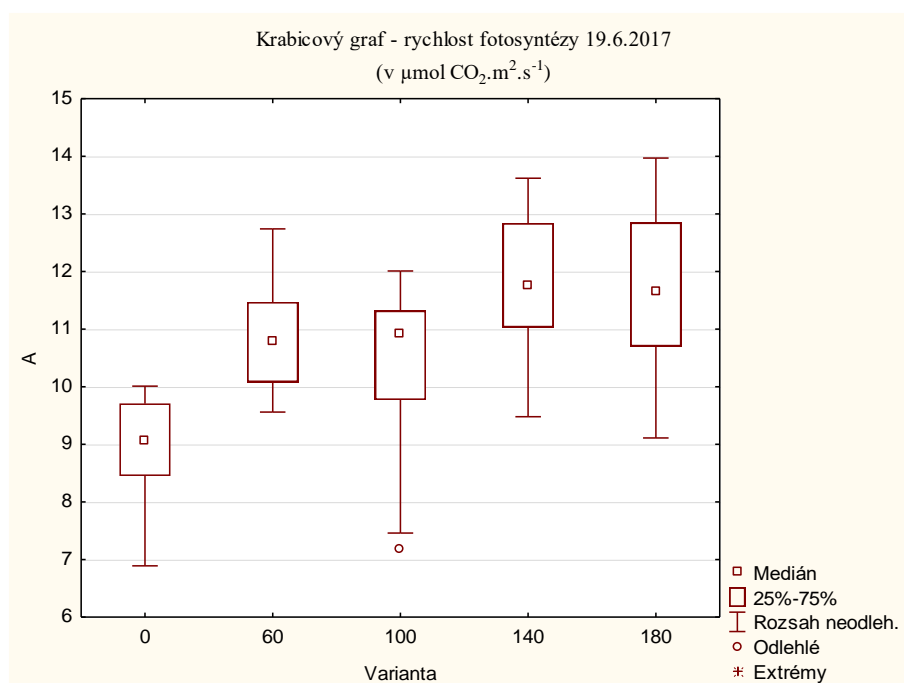
### 5.3.3.2. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 19. 6. 2017

V druhém termínu měření na konci druhé červnové dekády dosáhly nejvyšších rychlostí fotosyntézy list variant 140 a 180 (11,7, resp. 11,67  $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Nejnižší rychlost

fotosyntézy byla naměřena u kontrolní varianty ( $10,47 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Závislost zůstala zřetelně patrná, jak je uvedeno v tabulce 43 a grafu 39.

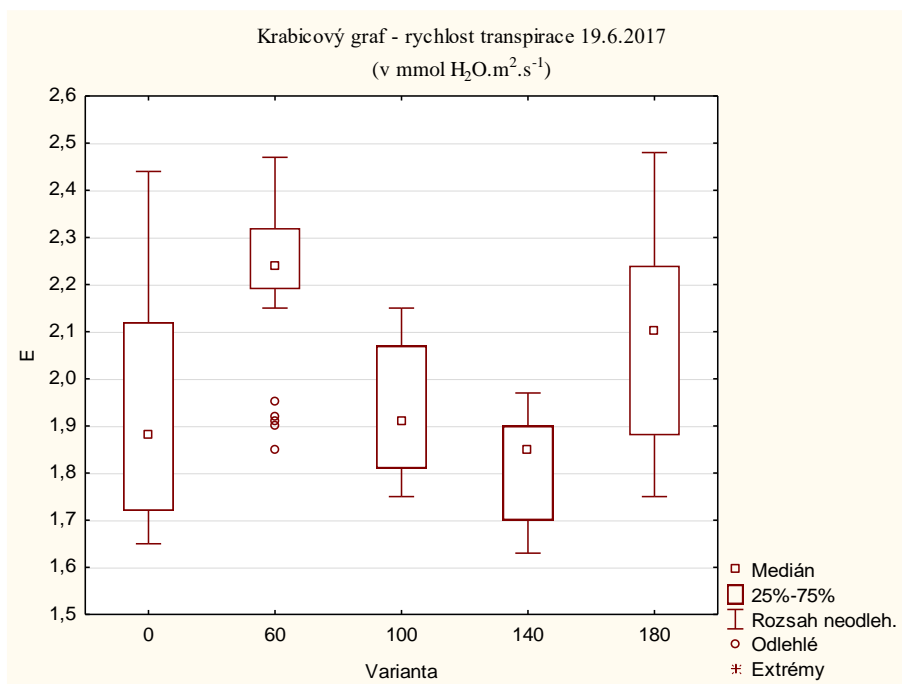
Tab. 43: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 19. 6. 2017.

19.06.2017				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ]	
0	8,97	<b>c</b>	1,95	<b>a b</b>
60	10,8	<b>a b</b>	2,22	<b>c</b>
100	10,34	<b>b</b>	1,93	<b>a</b>
140	11,7	<b>a</b>	1,81	<b>a</b>
180	11,67	<b>a</b>	2,09	<b>b c</b>



Graf 39: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 19. 6. 2017

Rychlost transpirace nevykázala závislost, nejvyšší průměrná hodnota byla naměřena u listů varianty 60 a 180 ( $2,22$ , resp.  $2,09 \text{ mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), nejnižší u varianty 140 a 100 ( $1,81$ , resp.  $1,93 \text{ mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Grafické znázornění hodnot je zobrazeno grafem 40.



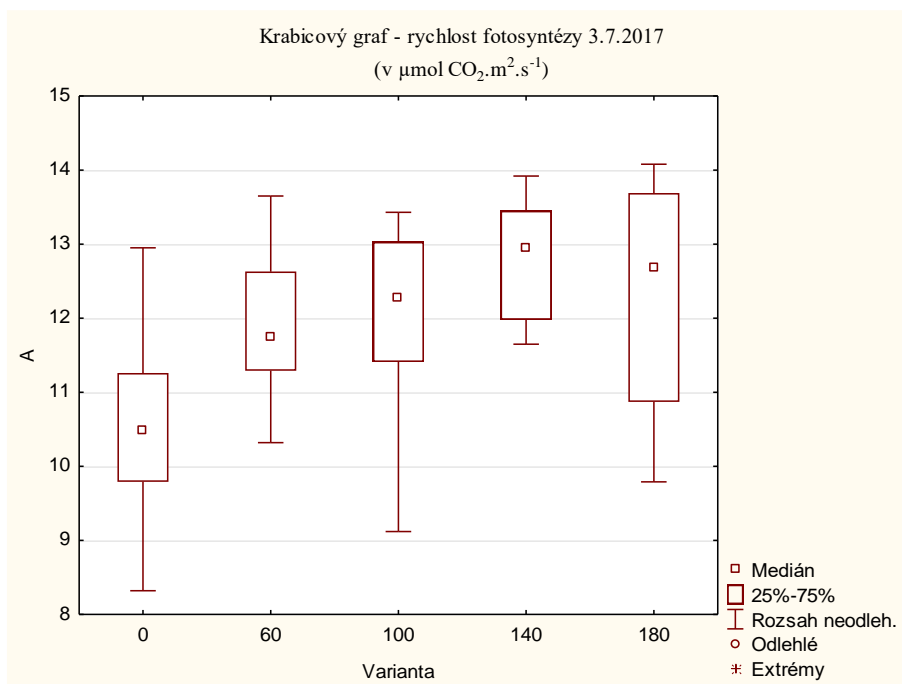
Graf 40: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 19. 6. 2017.

### 5.3.3.3. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 3. 7. 2017

Nejvyšší rychlosti fotosyntézy na začátku července 2017 dosáhly listy varianty 140 ( $12,75 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), průměrná hodnota se ovšem statisticky významně nelišila od ostatních hnojených variant, tj. 60, 100 a 180. Nejnižší a jedinou statisticky významnou odchylku vykázaly listy kontrolní varianty ( $10,47 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 44 a graficky znázorněny grafem 41.

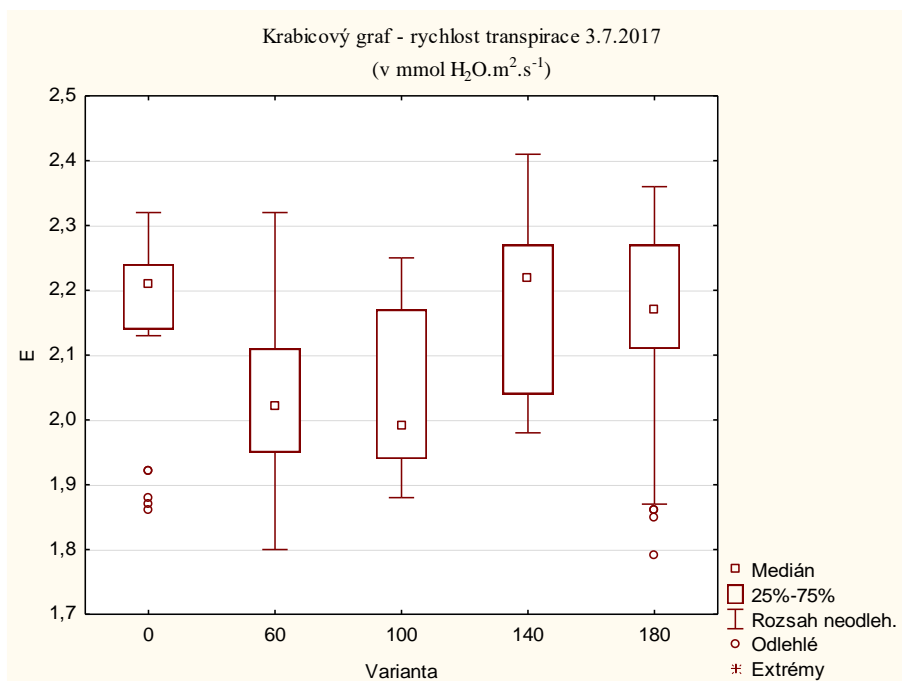
Tab. 44: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 3. 7. 2017.

03.07.2017				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O.m}^2.\text{s}^{-1}$ ]	
0	10,47	<b>b</b>	2,15	<b>b c</b>
60	11,99	<b>a</b>	2,04	<b>a</b>
100	11,95	<b>a</b>	2,05	<b>a b</b>
140	12,75	<b>a</b>	2,18	<b>c</b>
180	12,3	<b>a</b>	2,15	<b>a b</b>



Graf 41: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 3. 7. 2017

V rychlosti transpirace nebyla pozorována žádná závislost na úrovni výživy dusíkem, nejnižší rychlosti byly zaznamenány u variant 60 a 100 ( $2,04$ , resp.  $2,05 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ), nejvyšší pak u varianty 140 ( $2,18 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Tento den měření tak bylo dosaženo nejvyšších průměrných rychlostí transpirace napříč variantami (viz graf č. 42).



Graf 42: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 3. 7. 2017.

### 5.3.3.4. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 18. 7. 2017

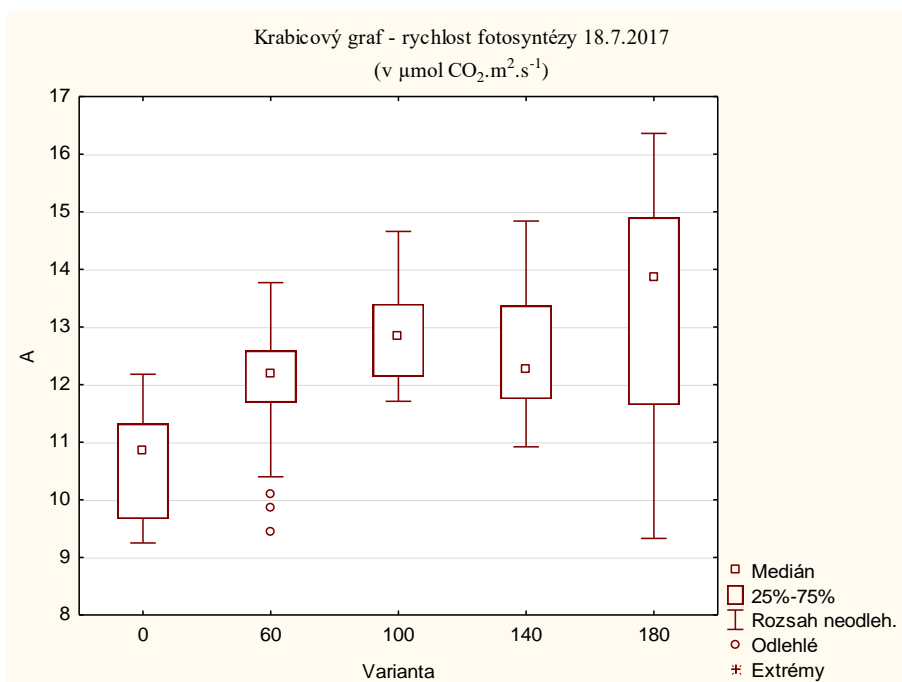
Na konci druhé červencové dekády byly zaznamenány nejvyšší lokální hodnoty rychlosti fotosyntézy, která dosáhla až 16,36  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$  ve variantě 180. Nejvyšší průměrná rychlost byla taktéž naměřena u varianty 180, tj. 13,29  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ . Nejnižší naopak u varianty 0, a to 10,67  $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ .

Rychlost transpirace opět neprokázala závislost na množství dodaného dusíku, nejvyšší hodnotu vykazovaly listy varianty 100 (1,75  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ), nejvyšší pak varianty 140 (2,1  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ).

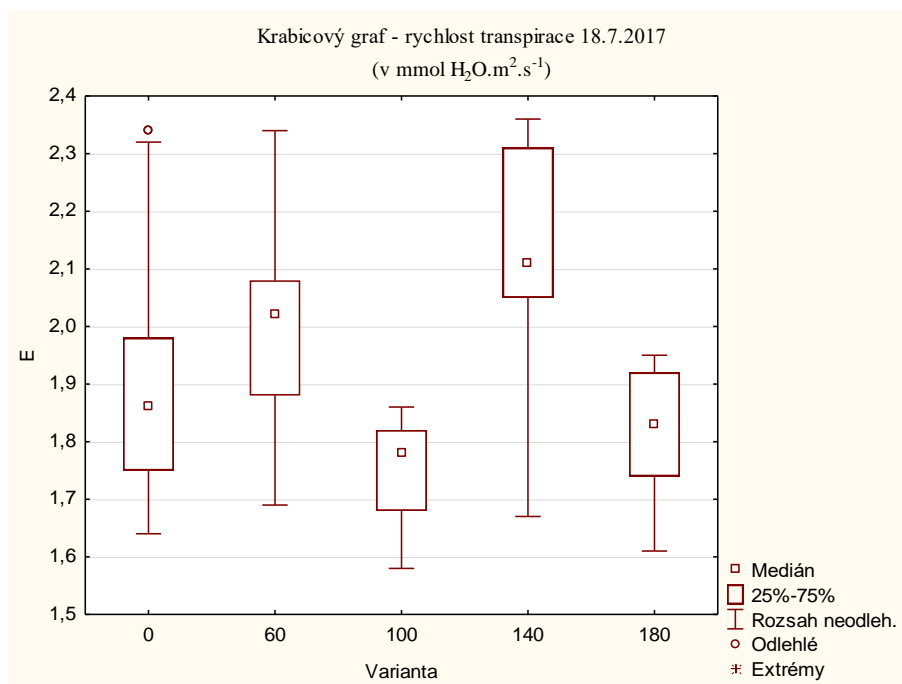
Přehled hodnot je uveden v tabulce 45, rozložení hodnot je znázorněno grafy 43 a 44.

Tab. 45: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 18. 7. 2017.

18.07.2017				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ]	
0	10,67	<b>c</b>	1,92	<b>b c</b>
60	11,93	<b>b</b>	2,01	<b>c d</b>
100	12,96	<b>a b</b>	1,75	<b>a</b>
140	12,6	<b>a b</b>	2,1	<b>d</b>
180	13,29	<b>a</b>	1,82	<b>a b</b>



Graf 43: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 18. 7. 2017



Graf 44: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 18. 7. 2017.

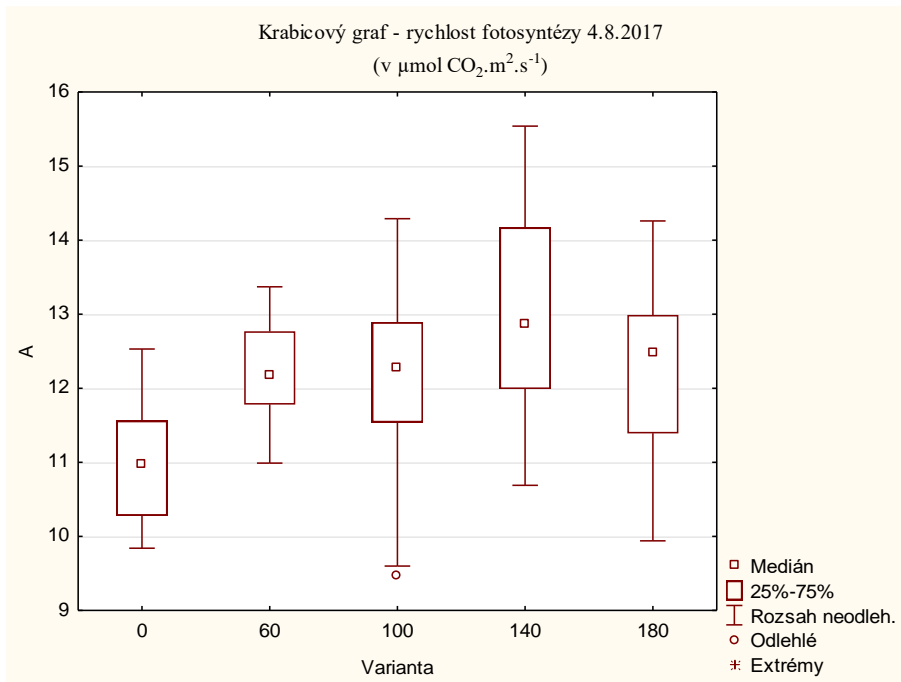
### 5.3.3.5. Hodnocení rychlosti fotosyntézy a transpirace dne 4. 8. 2017

V posledním termínu měření se hodnoty rychlosti fotosyntézy všech variant pohybovaly okolo 12  $\mu\text{mol CO}_2\text{.m}^2\text{.s}^{-1}$ , nejvyšší průměrná hodnota byla naměřena u varianty 140 (13,13  $\mu\text{mol CO}_2\text{.m}^2\text{.s}^{-1}$ ), nejnižší u kontrolní varianty (11  $\mu\text{mol CO}_2\text{.m}^2\text{.s}^{-1}$ ).

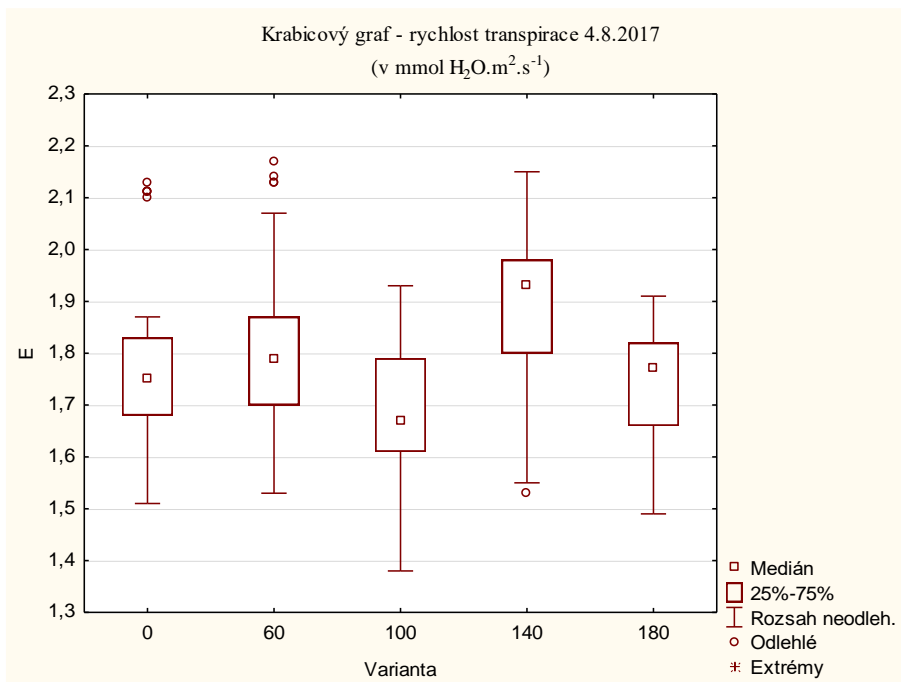
V rychlosti transpirace opět nebyla pozorována závislost na úrovni výživy dusíkem, nejnižší průměrné hodnoty dosáhly listy varianty 100 (1,66  $\text{mmol H}_2\text{O.m}^2\text{.s}^{-1}$ ), nejvyšší pak 140 (1,88  $\text{mmol H}_2\text{O.m}^2\text{.s}^{-1}$ ). Naměřené průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 46, grafické rozložení dat je znázorněno grafy 45 a 46.

Tab. 46: Vliv dávky dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace - 4. 8. 2017.

04.08.2017				
	Rychlost fotosyntézy [ $\mu\text{mol CO}_2\text{.m}^2\text{.s}^{-1}$ ]		Rychlost transpirace [ $\text{mmol H}_2\text{O.m}^2\text{.s}^{-1}$ ]	
0	11	c	1,79	a b
60	12,18	b	1,81	b c
100	12,05	b	1,66	a
140	13,13	a	1,88	c
180	12,16	b	1,73	a b



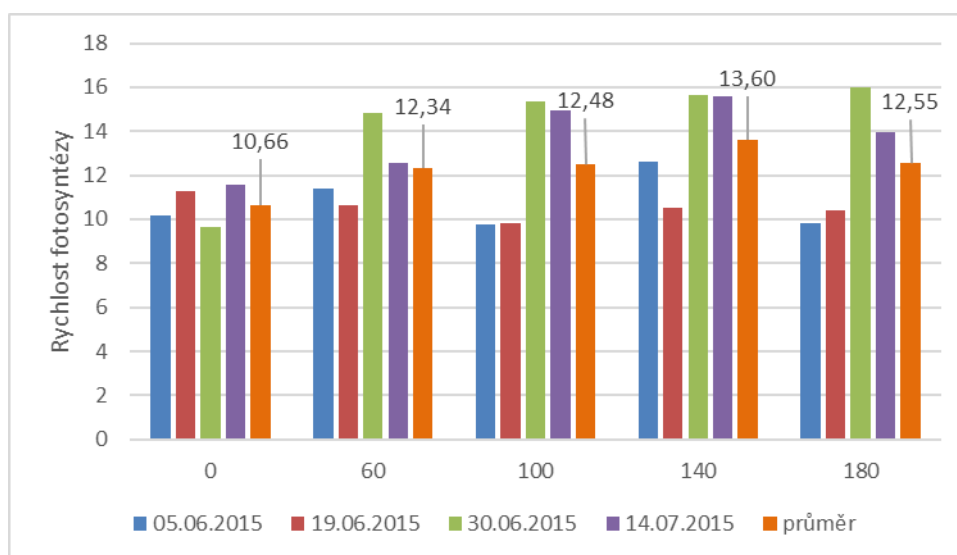
Graf 45: Statistické rozložení hodnot rychlosti fotosyntézy z 4. 8. 2017



Graf 46: Statistické rozložení hodnot rychlosti transpirace z 4. 8. 2017.

### 5.3.4. Shrnutí výsledků měření fyziologických parametrů

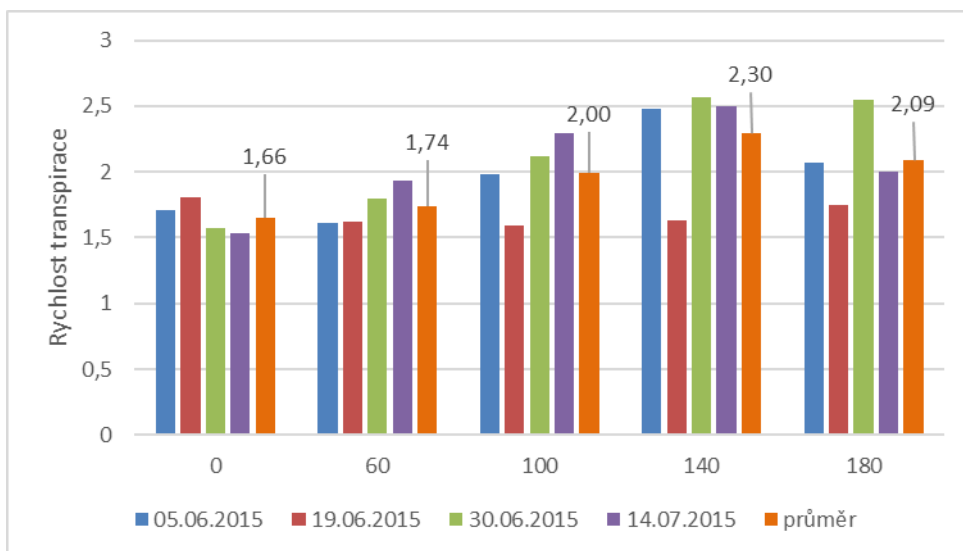
Každý ze sledovaných let byl charakteristický různým průběhem počasí ve vegetační sezoně, především průběhem teplot a množstvím a rozložením srážek. Extrémně teplý a suchý červenec a srpen 2015 ovlivnil habitus rostlin i jejich fyziologické projevy. Ty se bohužel měřením nepodařilo postihnout, protože poslední relevantní měření proběhlo několik dní po začátku periody vysokých teplot s absencí srážek, které se tak ještě do hodnocení nestihly projevit. Graf 47 a přehledová tabulka 62 v Příloze zobrazují průměrné denní i sezonní hodnoty rychlosti fotosyntézy v roce **2015**. Nejvyšší průměrná rychlost fotosyntézy byla naměřena u varianty 140 ( $13,6 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), nejnižší u varianty 0 ( $10,66 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ).



Graf 47: Vliv stupňovaných dávek dusíku na rychlost fotosyntézy v roce 2015 [ $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ].

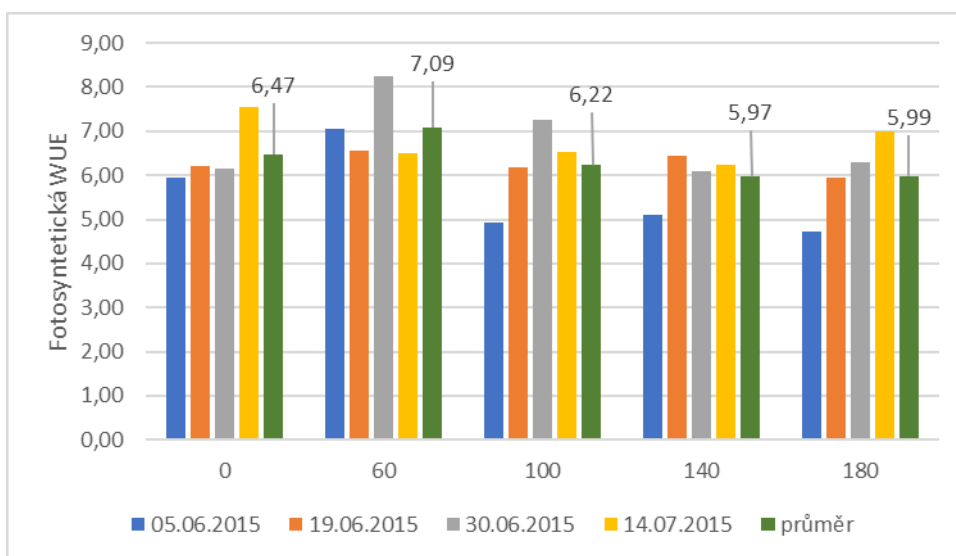
Průměrná rychlost transpirace napříč variantami se v roce 2015 pohybovala mezi 1,9 – 2,0  $\text{mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ . Nejvyšší průměrná hodnota byla zaznamenána u varianty 140, nejnižší u kontrolní varianty 0 ( $1,66 \text{mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ) a varianty s nejmenší dávkou dusíku 60 ( $1,74 \text{mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Přehled hodnot je znázorněn grafem 48 a tabulkou 63 v Příloze.





Graf 48: Vliv stupňovaných dávek dusíku na rychlost transpirace v roce 2015 [ $\text{mmol H}_2\text{O.m}^2.\text{s}^{-1}$ ].

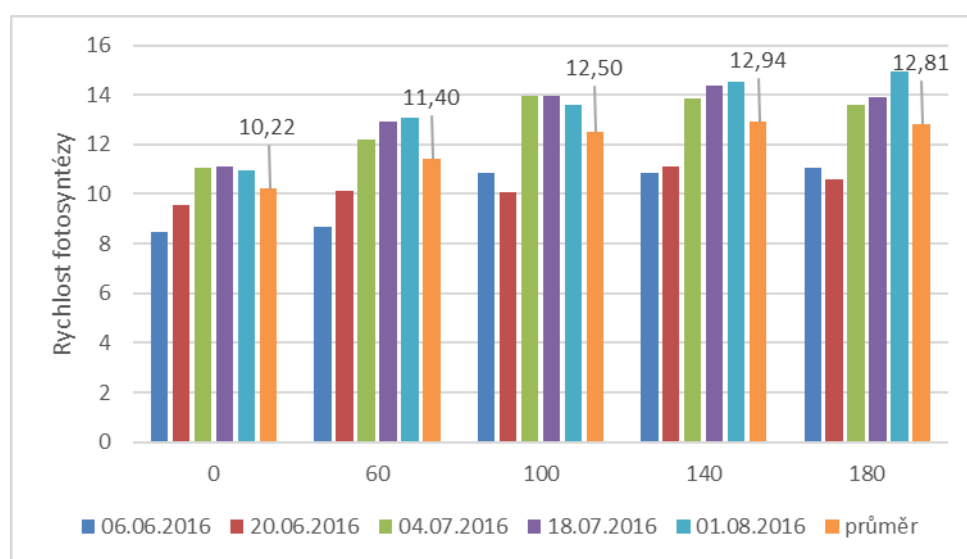
V rámci sledování fyziologických parametrů genotypu ozn. PG1428 byla podílem naměřených hodnot rychlostí fotosyntézy a transpirace (A/E) dopočítána relativní fotosyntetická účinnost využití vody (water use efficiency – WUE) dle jednotlivých variant. Výpočet ukázal, že v teplém roce 2015 hospodařily s vodou nejefektivněji rostliny variant 60 a 0. Nejméně efektivně naopak rostliny variant s největšími dávkami dusíkatých hnojiv 140 a 180. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 64 v Příloze a znázorněny v grafu 49.



Graf 49: Průměrné hodnoty WUE v roce 2015.

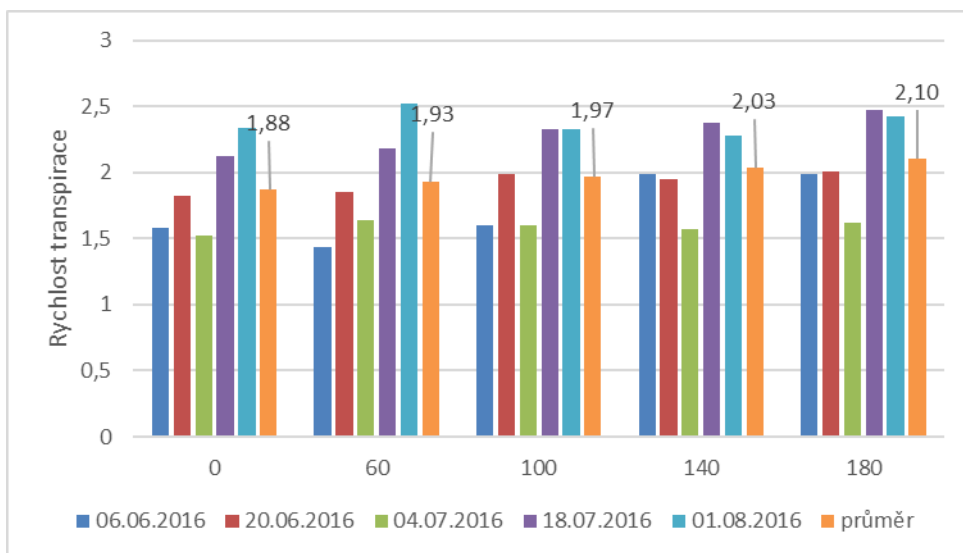
Statistickým šetřením z dat získaných v roce 2015 byla zjištěna středně silná závislost rychlosti fotosyntézy na dávce minerálního dusíku,  $r = 0,796$ ,  $r^2 = 0,633$ .

V roce **2016** byla průměrná hodnota rychlosti fotosyntézy napříč variantami  $11,98 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ . Nejvyšší průměrná hodnota byla naměřena u varianty 140 ( $12,94 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), nejnižší u kontrolní varianty 0 ( $10,22 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Přehled hodnot je uveden v tabulce 65 v Příloze a znázorněn grafem 50.



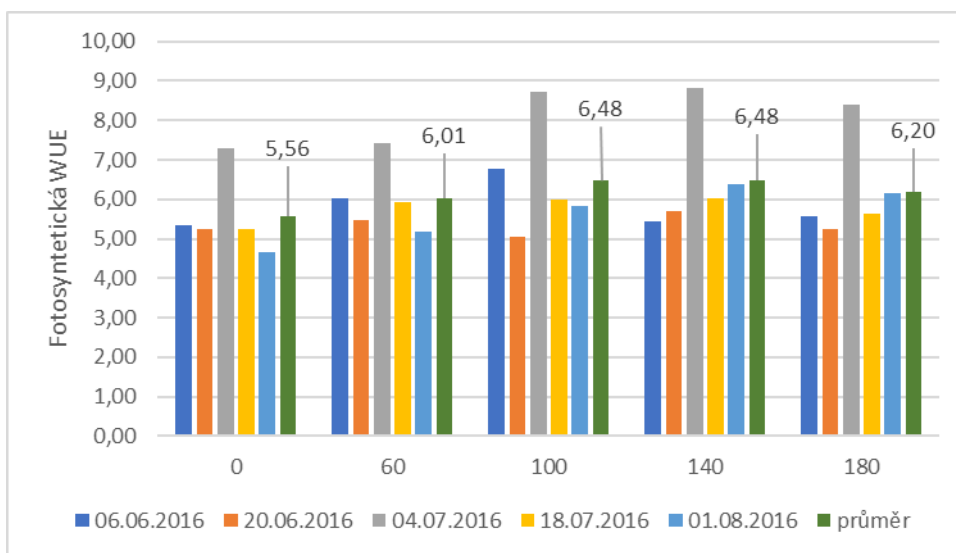
Graf 50: Vliv stupňovaných dávek dusíku na rychlost fotosyntézy v roce 2016 [ $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ].

Diference v průměrných hodnotách rychlosti transpirace byla menší než v roce předchozím, nejnižší průměrná hodnota byla naměřena u kontrolní varianty ( $1,88 \text{ mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), nejvyšší u varianty s nejvyšší dávkou dusíku ( $2,1 \text{ mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Z celoročních průměrů je patrná závislost rychlosti transpirace na dávce aplikovaného minerálního dusíku. Hodnoty rychlosti transpirace za rok 2016 jsou uvedeny v tabulce 66 v Příloze a grafu 51.



Graf 51: Vliv stupňovaných dávek dusíku na rychlost transpirace v roce 2016 [ $\text{mmol H}_2\text{O.m}^2.\text{s}^{-1}$ ].

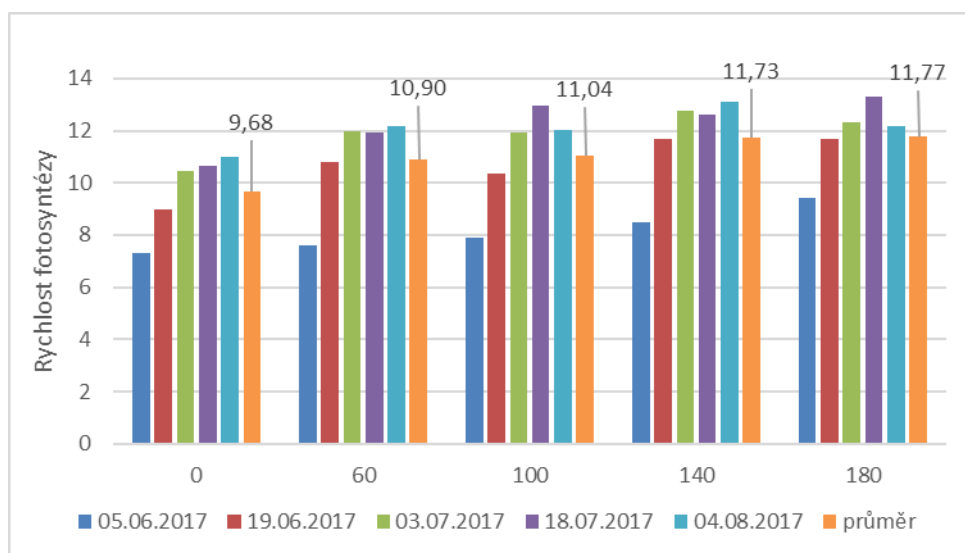
Na základě naměřených hodnot byla opět dopočítána fotosyntetická WUE. V roce 2016 byly nejefektivnější rostliny variant 100 a 140 (shodně 6,48), nejhůře hospodařily s vodou rostliny kontrolní varianty (5,56). Přehled hodnot je uveden v tabulce 67 v Příloze a grafu 52.



Graf 52: Průměrné hodnoty WUE v roce 2016.

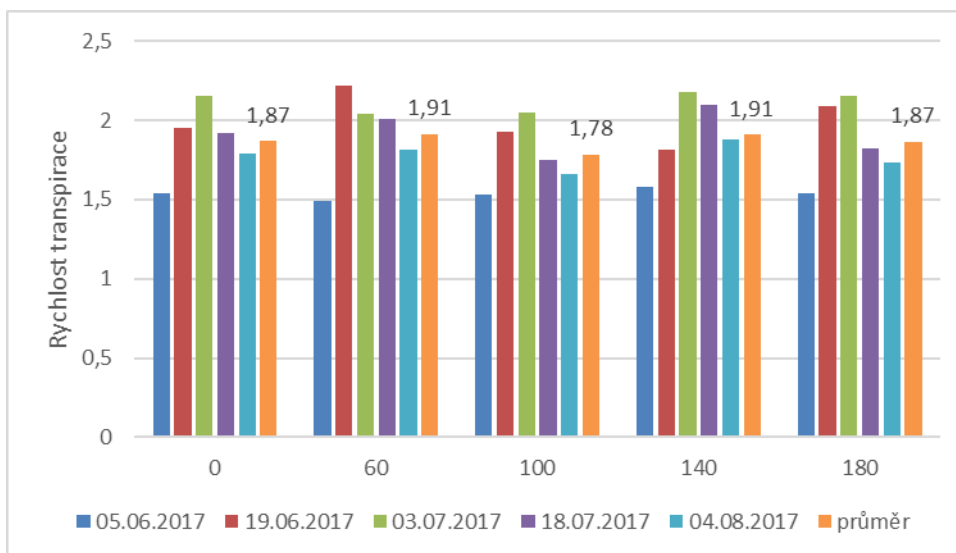
Na základě dat naměřených v roce 2016 byla zjištěna silná závislost rychlosti fotosyntézy na dodané dávce minerálního dusíku,  $r = 0,944$ ,  $r^2 = 0,891$ .

Rok **2017** se vyznačoval rovnoměrně rozloženými, avšak nižšími srážkami než rok předchozí. Teploty se však v zásadě držely ve stejné výši, z pěstitelského hlediska tak byl méně příznivý pro pěstování chmele. Průměrné hodnoty rychlosti fotosyntézy dosáhly nejnižších hodnot ze tří let pozorování, a to  $11,03 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ . Nejvyšší průměrná hodnota byla naměřena u varianty 180 ( $11,77 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), statisticky shodné s variantou 140 ( $11,73 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Nejnižší hodnoty dosáhly rostliny kontrolní varianty, pouze  $9,68 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ . Přehled je uveden v tabulce 68 v Příloze a grafu 53. V rychlosti fotosyntézy byla zaznamenána silná statistická závislost na zvyšující se dávce dusíku,  $r = 0,96$ ,  $r^2 = 0,921$ .



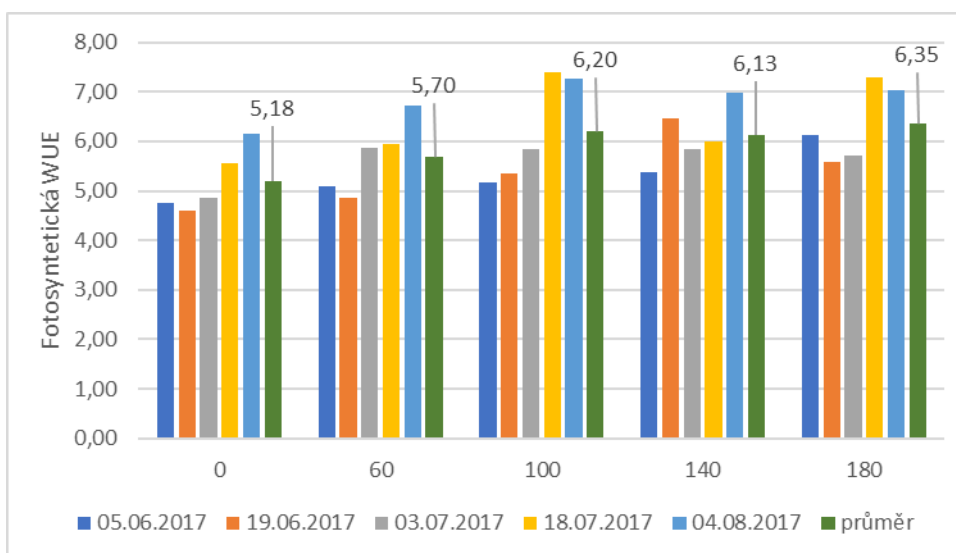
Graf 53: Vliv stupňovaných dávek dusíku na rychlost fotosyntézy v roce 2017 [ $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ].

Rychlost transpirace vykázala poměrně nízkou diferencii mezi variantami, oproti roku 2016 nebyla pozorována statistická závislost na dávce aplikovaného dusíku. V roce 2017 byla také naměřena nejmenší průměrná rychlost transpirace napříč variantami. Nejnižší průměrná hodnota byla naměřena u rostlin varianty 100 ( $1,78 \text{mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ), nejvyšší u variant 60 a 140 ( $1,91 \text{mmol H}_2\text{O}.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). Podrobné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 69 v Příloze a grafu 54.



Graf 54: Vliv stupňovaných dávek dusíku na rychlost transpirace v roce 2017 [ $\text{mmol H}_2\text{O.m}^2.\text{s}^{-1}$ ].

Stejně jako v předchozích letech, i v roce 2017 byla dopočítána relativní hodnota fotosyntetické efektivity využití vody. Nejlépe hospodařily s vodou rostliny varianty 180 (6,35), nejhůře dopadly rostliny kontrolní varianty 0 (5,18). Podrobný přehled je znázorněn tabulkou 70 v Příloze a zobrazen v grafu 55.



Graf 55: Průměrné hodnoty WUE dle variant v roce 2017.

Celkové shrnutí WUE v průběhu sledování 2015 – 2017 se zeleně vyznačenými nejvyššími hodnotami je uvedeno v tabulce 47. V prvním, nepříznivém roce 2015 zvítězily

rostliny varianty 60, ve velmi příznivém roce 2016 rostliny variant 100 a 140 a v průměrném roce 2017 rostliny varianty 180.

Tab. 47: Průměrné hodnoty WUE u jednotlivých variant pokusu s genotypem PG1428 v letech 2015 – 2017.

	0	60	100	140	180
2015	6,47	7,09	6,22	5,97	5,99
2016	5,56	6,01	6,48	6,48	6,20
2017	5,18	5,70	6,20	6,13	6,35

#### 5.4. Sledování termínů nástupu vybraných fenologických fází PG1428

V prvním roce pokusu byl nastaven systém pozorování nástupu vybraných fenofází, kdy byl každý týden v pondělí a čtvrtek (převážně) od poloviny června do první dekády srpna sledovány růstové fáze pazochování, kvetení a hlávkování. Především byly sledovány fáze BBCH 24 – zřetelný 4. pár pazochů, BBCH 62 – kvete přibližně 20 % květů a BBCH 71, kdy je přibližně 10 % květů přetvořeno na hlávky. Dle stejného systému bylo sledování prováděno i v obou následujících letech pokusu. Nevýhodou tohoto pozorování je jeho subjektivita, která však byla minimalizována faktem, že ho ve všech letech prováděla stejná osoba, tedy autor.

V roce 2015 se čtvrtý pár pazochů objevil ve třetí dekádě června, konkrétně 22. 6. u variant 140 a 180, a 26. 6. u variant 0, 60 a 100. V termínu počátku kvetení nebyl zaznamenán téměř žádný rozdíl mezi variantami, 20 % květů se objevilo 14. 7., pouze varianta 180 byla v nástupu této fáze o dva dny pozdější, tj. 16. 7. Hlávky se objevily na konci července a začátku srpna. Varianty 0, 60 a 100 byly o několik dní rychlejší, 10 % hlávek se objevilo 30. 7., varianty 140 a 180 hlávkovaly o něco později a stejné fáze dosáhly až 3. 8.

Rozdíly v dlouhivém růstu na začátku vegetace v roce 2016 nebyly příliš patrné, vizuálně se od sebe varianty odlišovaly především zbarvením listů, kdy listy kontrolní varianty byly výrazně světlejšího odstínu zelené, ovšem ne chlorotické. Čtvrtý pár pazochů byl u všech variant zaznamenán shodně 23. 6. 2016. Termín počátku kvetení již vykázal drobné rozdíly, kdy varianty 140 a 180 byly oproti zbývajícím o něco pozdější, 20 % květů se u nich objevilo 18. 7., kdežto méně hnojené varianty stejné fáze dosáhly již o čtyři dny dříve, tedy 14. 7. Hlávkování bylo ještě více odlišné, u variant 0 a 60 se první hlávky objevily již na konci

července, konkrétně 28. 7., u varianty 100 1. 8. a u poslední dvou variant s nejvyššími dávkami dusíku až 4. 8. 2016.

Poslední rok sledování byl vzhledem k průběhu počasí příznivý pro rychlejší počátek vegetace, kdy rostliny dosáhly viditelných čtyř pазochů již 19. 6. První květy se začaly objevovat již na konci první dekády července, již 10. 7. bylo zaznamenáno 20 % květů ve variantách 0 a 60, až o týden později dosáhly stejné fáze rostliny ostatních variant. První hlávkování se objevily shodně u variant 0 a 60 dne 27. 7., o čtyři dny později byly pozorovány i u zbývajících variant. Termíny nástupu sledovaných fází jsou znázorněny tabulkou 48.

Tab. 48: Termíny nástupu sledovaných fenologických fází v jednotlivých letech pokusu.

<b>2015</b>	0	60	100	140	180
pazochování - 4. pár pazochů (BBCH 24)	26.6.	26.6.	26.6.	22.6.	22.6.
počátek kvetení - 20 % květů (BBCH 62)	14.7.	14.7.	14.7.	14.7.	16.7.
hlávkování - 10 % hlávek (BBCH 71)	30.7.	30.7.	30.7.	3.8.	3.8.
<b>2016</b>	0	60	100	140	180
pazochování - 4. pár pazochů (BBCH 24)	23.6.	23.6.	23.6.	23.6.	23.6.
počátek kvetení - 20 % květů (BBCH 62)	14.7.	14.7.	14.7.	18.7.	18.7.
hlávkování - 10 % hlávek (BBCH 71)	28.7.	28.7.	1.8.	4.8.	4.8.
<b>2017</b>	0	60	100	140	180
pazochování - 4. pár pazochů (BBCH 24)	19.6.	19.6.	19.6.	19.6.	19.6.
počátek kvetení - 20 % květů (BBCH 62)	10.7.	10.7.	17.7.	17.7.	17.7.
hlávkování - 10 % hlávek (BBCH 71)	27.7.	27.7.	31.7.	31.7.	31.7.

Z výsledků sledování vyplývá, že varianty s vyššími dávkami dusíkatých hnojiv vykazují delší vegetační dobu s pozdějším nástupem generativní fáze. Dlouhivý růst nebyl významně ovlivněn dávkou hnojiv, rozdíly se projeví především v červenci v období kvetení a hlávkování chmele. I přes odlišnosti v termínu technologické zralosti ale byly varianty sklizeny ve stejný termín, a to z důvodů dostupnosti lidských zdrojů, kapacity česačky a srovnatelnosti kvalitativních parametrů chmele vztažených k jednotnému termínu sklizně.

## 5.5. Půdní analýzy

V průběhu pokusu byly ve třech termínech během roku odebírány půdní vzorky na laboratorní analýzy ke stanovení obsahu dostupného minerálního ( $N_{\min}$ ) a potenciálně přístupného/hydrolyzovatelného dusíku ( $N_{PP}$ ). První termín odběru byl vždy před dodáním první dávky hnojiv, tj. v druhé polovině března, příp. na začátku dubna. Druhý termín odběru byl před přiorávkou a dodáním druhé dávky minerálního dusíku, tj. druhá dekáda května až druhá dekáda června. Třetí termín odběru následoval po sklizni. V každé variantě bylo půdní sondou provedeno 30 vpichů do hloubky cca 30 – 40 cm. Z nich byl vytvořen směsný vzorek za každou variantu, který byl následně analyzován. V prvním termínu odběrů, kdy se ještě varianty neodlišovaly množstvím dodaného dusíku, byl odebrán z každého porostu pouze jeden směsný vzorek, proto je ve sloupci IV/2015 tabulky 50 uvedena pouze jedna hodnota pro všechny varianty. Kompletní výsledky analýz jsou uvedeny v téže tabulce, kdy hodnota „před extrakcí“ vyjadřuje sumární množství amonného a nitrátového minerálního dusíku, hodnota „po extrakci“ značí obsah minerálního dusíku po extrakci horkou vodou a hodnota  $N_{PP}$  vyjadřuje rozdíl mezi předchozími hodnotami a znamená obsah potenciálně přístupného neboli hydrolyzovatelného dusíku v půdě. V tabulce 49 jsou uvedeny přepočtené hodnoty teoreticky dostupného dusíku (součet  $N_{\min}$  a  $N_{PP}$  vynásobený koeficientem 4,5 pro 30 cm ornici při objemové hmotnosti půdy  $1,5 \text{ t.m}^{-3}$ ). Ze získaných dat vyplývá, že obě nízké konstrukce vykazovaly na počátku pokusu nízký obsah minerálního i hydrolyzovatelného dusíku (okolo  $110 \text{ kg } N_{\min}.\text{ha}^{-1}$ ), kdežto půda ve vysoké konstrukci na jaře roku 2015 již obsahovala cca  $294 \text{ kg } N_{\min}.\text{ha}^{-1}$  (při přepočtu na vrstvu ornice 30 cm). Projevil se zde vliv extenzivního způsobu obhospodařování nízkých konstrukcí před započtím pokusu. Téměř ve všech odběrech byla zaznamenána závislost v obsahu minerálního dusíku na množství dusíku dodaného hnojivy. Nejvyšší hodnoty obsahu minerálního dusíku byly zpravidla zjištěny ve variantě 180 a nejnižší v kontrolních variantách. Celkový rozdíl v obsahu minerálního dusíku i potenciálně přístupného dusíku v nízkých a vysokých konstrukcích byl patrný na první pohled, kdy půda kontrolní varianty vysoké konstrukce i po třech letech pokusu stále vykazovala poměrně vysokou zásobu minerálního dusíku při prvním odběru ( $15,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). U variant s nejvyššími dávkami dusíku ve všech porostech se v intervalu mezi aplikací první dávky a druhým odběrem projevil tzv. priming effect, kdy po dodání první dávky hnojiva došlo k podpoře rozvoje půdních mikroorganismů, které začaly mineralizovat organickou hmotu (chlévkový hnůj v půdě vysoké konstrukce a kořenové zbytky z travního porostu v nízkých konstrukcích), a celkově se tak zvýšilo množství minerálního dusíku o více, než kolik bylo původně dodáno hnojivem.



Podobný efekt byl zaznamenán ve všech letech sledování. Byl také pozorován mírný pokles v obsahu potenciálně dostupného dusíku v kontrolních a málo hnojených variantách, pravděpodobně kvůli vyčerpávání této zásoby rostlinami, které neměly dostatek dusíku z minerálních hnojiv. Tato závislost však nebyla pozorována v porostu Sládka na nízké konstrukci při druhém odběru, kde se obsah  $N_{PP}$  v kontrolní variantě v průběhu let dokonce mírně zvyšoval. Při posklizňových analýzách se ale pokles projevil. Naopak u variant 140 a 180 byl pozorován nárůst obsahu hydrolyzovatelných forem dusíku v průběhu času, což ovšem platí pouze pro půdu v nízkých konstrukcích. V půdě pod vysokou konstrukcí se z důvodu intenzivní výživy před zahájením pokusu efekt neprojevil. Při ukončení pokusu již došlo ke stabilizaci obsahů minerálního dusíku hnojených variant na úroveň 70 – 150 kg  $N_{min}.ha^{-1}$  a cca 80 – 120 kg  $N_{PP}.ha^{-1}$  v posledním posklizňovém odběru, obsah v kontrolních variantách nízkých konstrukcí se pohyboval jen okolo 20 – 30 kg  $N_{min}.ha^{-1}$  a 30 kg  $N_{PP}.ha^{-1}$ . Takto nízké hodnoty jsou pravděpodobně způsobeny dlouhodobým neproduktivním využíváním nízkých konstrukcí, kdy v posledních několika letech před započítáním pokusu nebyla buď vůbec, nebo jen částečně, řešena výživa rostlin, přestože rostliny chmele každoročně živiny odčerpávaly. Z hlediska využití dusíku rostlinami se pro genotyp PG1428 jeví jako nejvhodnější dávka minerálních dusíkatých hnojiv 100 – 140 kg  $N.ha^{-1}$ . Při dávce 180 kg  $N.ha^{-1}$  zůstává po sklizni významné množství minerálního dusíku v půdě a v případě vlhkého podzimu, zimy a časného jara hrozí jeho ztráty vyplavením. Ani z hlediska výnosů, které jsou popsány v kapitole 5.7 nebo kvality (kapitola 5.9) již nedává dávka 180 kg  $N.ha^{-1}$  agronomický ani ekonomický smysl.

Tab. 49: Celkový obsah minerálního a hydrolyzovatelného dusíku v půdě (0 – 30 cm) jednotlivých variant přepočtený na  $kg.ha^{-1}$ .

		2015			2016			2017		
		IV	V	X	IV	V	X	IV	V	X
PG1428	0	104,4	121,1	69,3	86,4	114,3	55,8	60,3	110,3	55,4
	60		182,7	63,0	77,4	226,8	68,0	81,0	196,7	91,8
	100		254,7	80,6	122,9	284,4	114,8	150,8	266,4	147,2
	140		289,4	159,3	195,8	329,4	176,9	167,0	358,2	241,2
	180		293,4	195,3	226,8	417,2	240,3	236,7	494,1	358,7
Sládek NK	0	111,6	115,8	57,2	113,0	122,9	50,9	93,6	145,8	57,2
	60		158,4	90,5	126,9	178,7	86,4	117,9	173,7	100,8
	100		239,0	105,3	131,4	246,2	96,3	123,3	253,8	194,9
	140		286,7	135,5	168,3	325,4	168,8	214,2	374,9	207,0
	180		320,4	203,4	257,4	414,5	234,9	294,3	469,4	285,3
Sládek VK	0	294,3	325,8	182,3	221,9	339,3	144,9	176,0	302,4	153,5
	60		395,6	203,9	257,4	392,0	176,4	209,3	375,3	167,0
	100		401,0	225,9	318,2	448,2	194,4	279,0	424,4	207,9
	140		457,7	338,0	372,2	438,3	278,6	366,3	420,3	289,8
	180		498,2	355,5	392,9	528,3	329,4	379,4	635,9	365,4

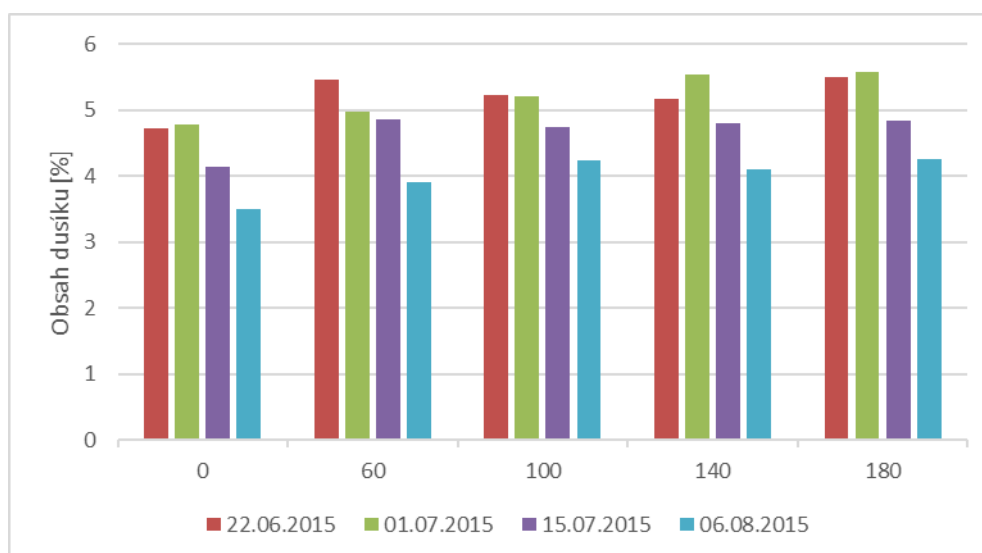
Tab. 50: Přehled obsahů minerálního a hydrolyzovatelného dusíku ( $N_{PP}$  = potenciálně přístupný dusík) v půdě [mg.kg<sup>-1</sup>].

Obsah minerálního dusíku [mg/kg]		2015			2016			2017				
		IV	V	X	IV	V	X	IV	V	X		
PG1428	0	před extrakcí	$N_{min}$	7,5	5,6	6,8	8,1	4,7	3,9	7,7	4,5	
		po extrakci		26,9	15,4	19,2	25,4	12,4	13,4	24,5	12,3	
		$N_{PP}$		19,4	9,8	12,4	17,3	7,7	9,5	16,8	7,8	
	60	před extrakcí		21,3	7,4	9,0	29,2	5,6	2,9	21,4	14,7	
		po extrakci		40,6	14,0	17,2	50,4	15,1	18,0	43,7	20,4	
		$N_{PP}$		19,3	6,6	8,2	21,2	9,5	15,1	22,3	5,7	
	100	před extrakcí		5,1	34,6	9,4	7,5	37,7	6,3	8,9	33,0	18,6
		po extrakci		/	56,6	17,9	27,3	63,2	25,5	33,5	59,2	32,7
		$N_{PP}$		$N_{PP}$	22,0	8,5	19,8	25,5	19,2	24,6	26,2	14,1
	140	před extrakcí		18,1	46,7	22,0	22,1	49,4	22,4	16,3	53,4	34,2
		po extrakci			64,3	35,4	43,5	73,2	39,3	37,1	79,6	53,6
		$N_{PP}$			17,6	13,4	21,4	23,8	16,9	20,8	26,2	19,4
	180	před extrakcí			44,0	26,2	31,4	69,5	33,1	24,2	79,2	57,1
		po extrakci			65,2	43,4	50,4	92,7	53,4	52,6	109,8	79,7
		$N_{PP}$			21,2	17,2	19,0	23,2	20,3	28,4	30,6	22,6
Sládek NK	0	před extrakcí	$N_{min}$	8,2	5,3	6,9	7,1	4,5	4,8	11,6	6,7	
		po extrakci		25,7	12,7	25,1	27,3	11,3	20,8	32,4	12,7	
		$N_{PP}$		17,5	7,4	18,2	20,2	6,8	16,0	20,8	6,0	
	60	před extrakcí			20,4	8,7	13,6	15,0	4,6	3,0	13,4	4,5
		po extrakci			35,2	20,1	28,2	39,7	19,2	26,2	38,6	22,4
		$N_{PP}$			14,8	11,4	14,6	24,7	14,6	23,2	25,2	17,9
	100	před extrakcí		7,3	36,9	12,3	15,4	30,9	7,5	8,1	33,2	23,1
		po extrakci		/	53,1	23,4	29,2	54,7	21,4	27,4	56,4	43,3
		$N_{PP}$		$N_{PP}$	16,2	11,1	13,8	23,8	13,9	19,3	23,2	20,2
	140	před extrakcí		17,5	45,7	14,5	17,6	49,7	21,6	25,6	57,6	27,8
		po extrakci			63,7	30,1	37,4	72,3	37,5	47,6	83,3	46,0
		$N_{PP}$			18,0	15,6	19,8	22,6	15,9	22,0	25,7	18,2
	180	před extrakcí			53,4	30,6	38,8	67,4	34,2	40,2	78,2	37,3
		po extrakci			71,2	45,2	57,2	92,1	52,2	65,4	104,3	63,4
		$N_{PP}$			17,8	14,6	18,4	24,7	18,0	25,2	26,1	26,1
Sládek VK	0	před extrakcí	$N_{min}$	38,0	20,6	20,8	42,0	12,4	15,2	36,1	14,7	
		po extrakci		72,4	40,5	49,3	75,4	32,2	39,1	67,2	34,1	
		$N_{PP}$		34,4	19,9	28,5	33,4	19,8	23,9	31,1	19,4	
	60	před extrakcí			56,2	22,4	27,4	56,2	18,6	22,4	52,3	15,6
		po extrakci			87,9	45,3	57,2	87,1	39,2	46,5	83,4	37,1
		$N_{PP}$			31,7	22,9	29,8	30,9	20,6	24,1	31,1	21,5
	100	před extrakcí		30,3	55,4	27,9	37,0	65,8	17,0	33,1	63,4	18,4
		po extrakci		/	89,1	50,2	70,7	99,6	43,2	62,0	94,3	46,2
		$N_{PP}$		$N_{PP}$	33,7	22,3	33,7	33,8	26,2	28,9	30,9	27,8
	140	před extrakcí		35,1	69,5	47,3	51,4	64,7	35,2	51,3	60,1	37,9
		po extrakci			101,7	75,1	82,7	97,4	61,9	81,4	93,4	64,4
		$N_{PP}$			32,2	27,8	31,3	32,7	26,7	30,1	33,3	26,5
	180	před extrakcí			71,7	49,1	56,7	80,6	47,4	52,1	106,8	53,4
		po extrakci			110,7	79,0	87,3	117,4	73,2	84,3	141,3	81,2
		$N_{PP}$			39,0	29,9	30,6	36,8	25,8	32,2	34,5	27,8

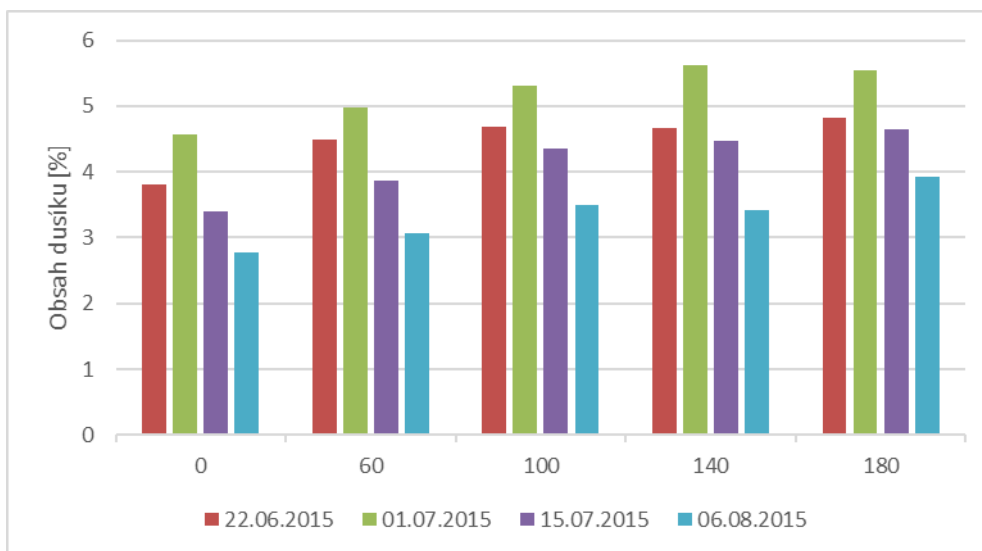
## 5.6. Listové analýzy

Ve všech letech pokusu byl sledován vývoj obsahu dusíku v sušině révových listů. Odběry proběhly ve čtyřech termínech u nízkých konstrukcí a pěti termínech u odrůdy Sládek na vysoké konstrukci. Vždy bylo od každé varianty odebráno 50 révových listů ze stejného počtu rostlin. Ty byly následně analyzovány Zemědělskou oblastní laboratoří Postoloprty, s.r.o. (Laboratoř Postoloprty, s.r.o.).

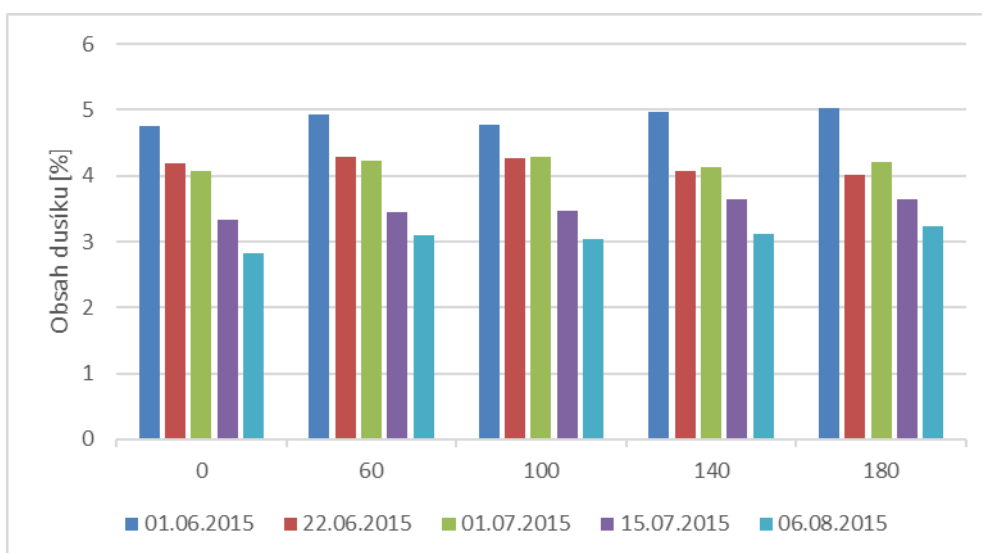
V roce 2015 byly vzorky odebrány v termínech 22. 6., 1. 7., 15. 7. a 6. 8., Sládek na vysoké konstrukci byl navíc odebrán již 1. 6. v době, kdy rostliny na nízké konstrukci ještě neměly vytvořené dostatečné množství révových listů pro relevantní odběr. Výsledky prvního roku sledování ukázaly, že nejvyšších obsahů dusíku v listech dosáhly porosty nízkých konstrukcí na začátku července v termínu 1. 7., poté se jeho obsah snižoval s nastávající fází kvetení a dozrávání. Sládek na vysoké konstrukci vykazoval nejvyšší hodnoty 1. 6. a v dalších termínech již podobně vysokých hodnot nedosáhl. PG1428 se od Sládka na nízké i vysoké konstrukci lišil především pozvolnějším snižováním obsahu v průběhu dozrávání, kdy i 6. 8. dosahoval ve hnojených variantách hodnot přes 4 % N v sušině, kdežto oba porosty Sládka se pohybovaly okolo 3 – 3,5 %. Přehled výsledků analýz je uveden v tabulce 71 v Příloze, graficky jsou data pro jednotlivé odrůdy znázorněna v grafech 56, 57 a 58.



Graf 56: Vývoj obsahu dusíku v sušině listů genotypu PG1428 v roce 2015.



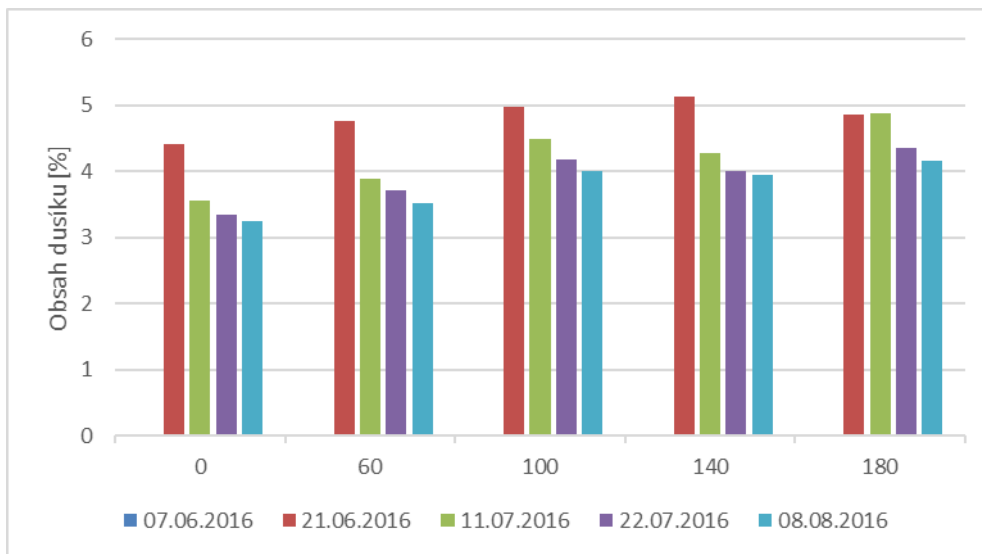
Graf 57: Vývoj obsahu dusíku v sušině listů odrůdy Sládek na nízké konstrukci v roce 2015.



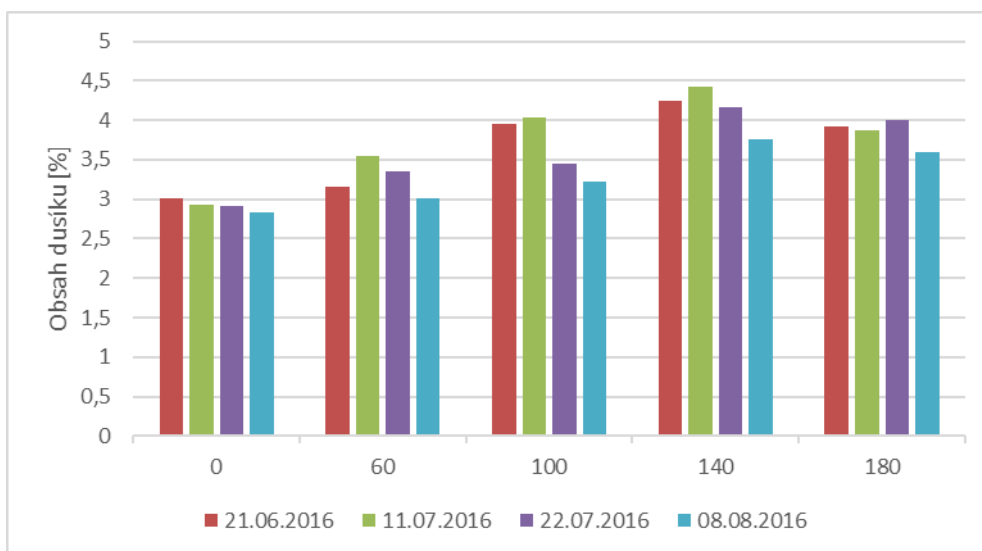
Graf 58: Vývoj obsahu dusíku v sušině listů odrůdy Sládek na vysoké konstrukci v roce 2015.

V roce 2016 byly vzorky biomasy odebírány opět ve čtyřech termínech u nízkých konstrukcí (21. 6., 11. 7., 22. 7. a 8. 8.) a v pěti termínech u Sládka na vysoké konstrukci (navíc termín 7. 6.). Výsledky prokázaly podobný trend vývoje obsahu dusíku, ovšem s několika změnami. Nejvyššího obsahu dosáhl PG1428 hned v prvním termínu odběru 21. 6., kdy ve variantě 140 přesáhl 5 % N v sušině. Sládek na nízké konstrukci vykázal pomalejší pokles v průběhu ontogeneze oproti předchozímu roku. V posledním termínu měření sice dosáhl podobných hodnot jako v roce 2015, ovšem nejvyšší hodnoty z 11. 7. byly o více než jedno procento nižší než v roce předchozím. Sládek na vysoké konstrukci neprojevil žádnou výraznou

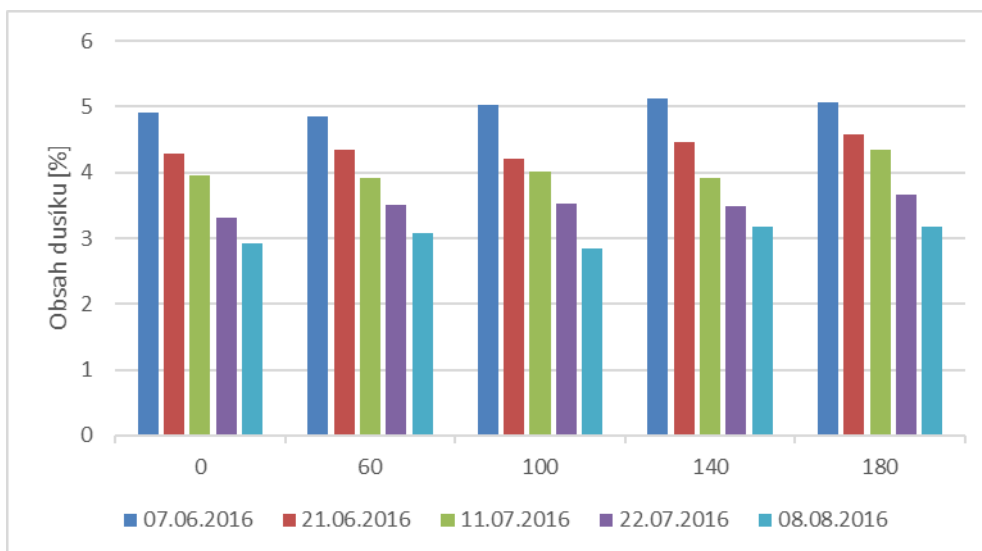
změnu oproti předchozímu roku a obsahy dusíku byly téměř shodné. Komplexní výsledky z roku 2016 jsou uvedeny v tabulce 72 v Příloze a znázorněny grafy 59, 60 a 61.



Graf 59: Vývoj obsahu dusíku v sušině listů genotypu PG1428 v roce 2016.

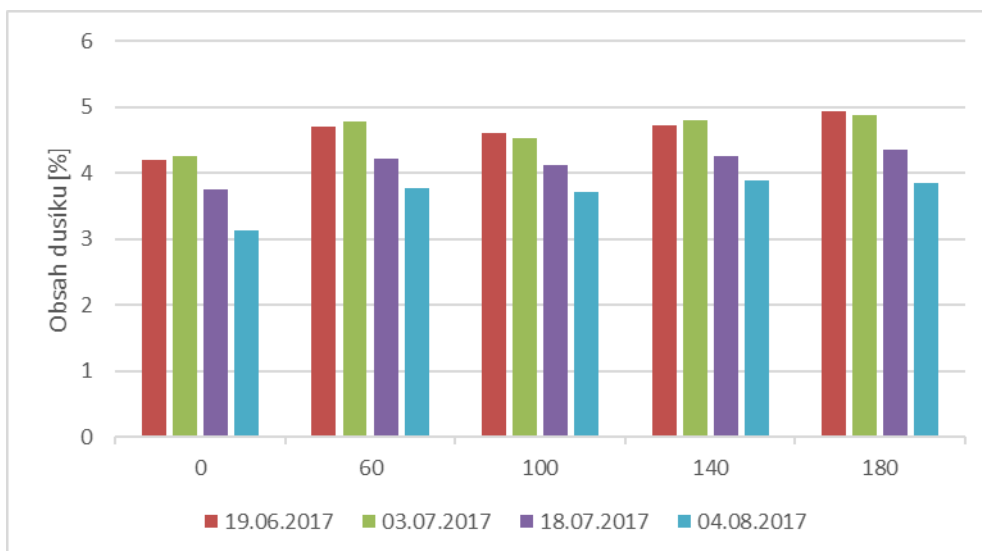


Graf 60: Vývoj obsahu dusíku v sušině listů odrůdy Sládek na nízké konstrukci v roce 2016.

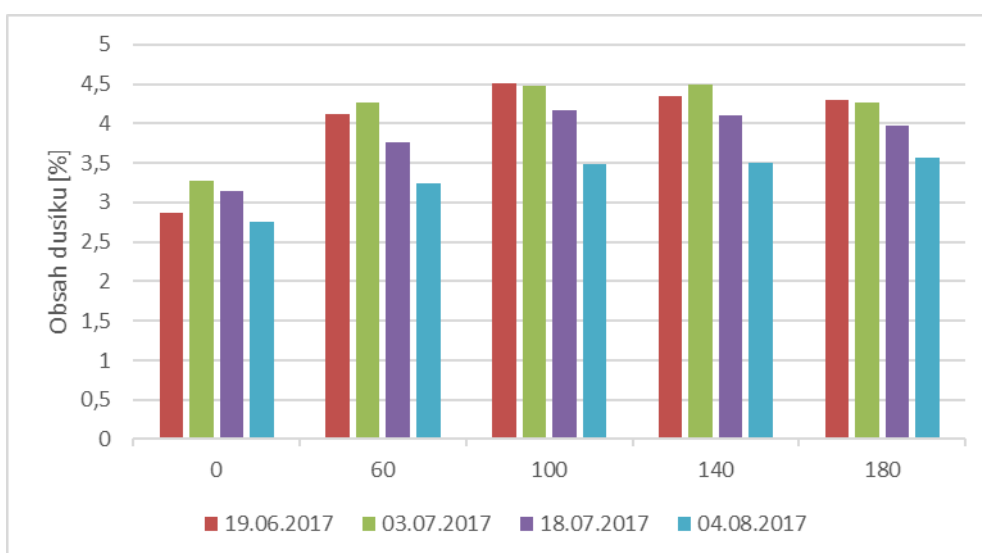


Graf 61: Vývoj obsahu dusíku v sušině listů odrůdy Sládek na vysoké konstrukci v roce 2016.

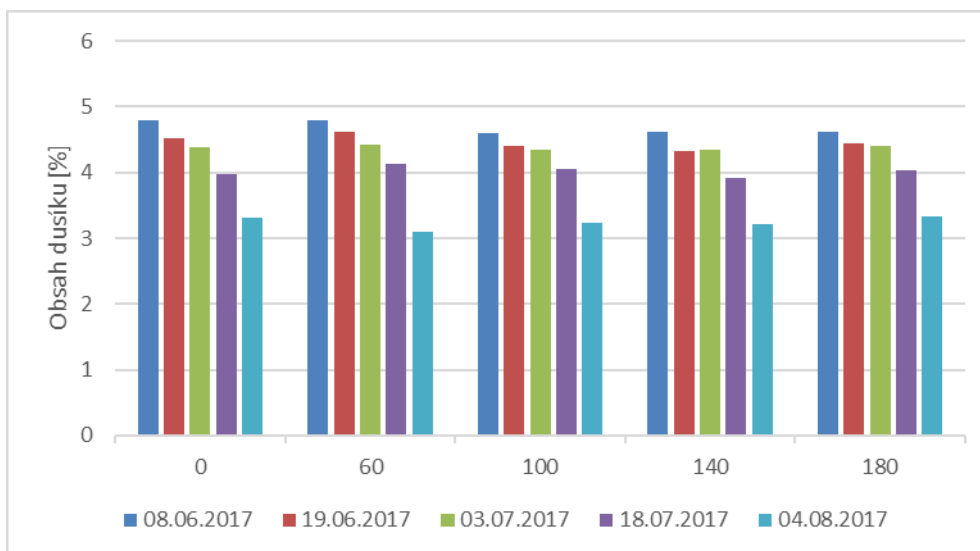
V roce 2017 byly opět zjištěny nejvyšší hodnoty v prvním nebo druhém termínu odběru, po kterém následoval pokles obsahu dusíku v listech k hodnotám pohybujícím se okolo 3 %. Nejvyšší obsah v posledním termínu měření opět vykázal PG1428, který na konci druhé dekády června obsahoval 4,94 % N v sušině u varianty 180, a na začátku července v téže variantě 4,88 % N. Takto vysoká hodnota nebyla zjištěna u žádné z variant odrůdy Sládek na vysoké konstrukci. Výrazně nižší obsah dusíku v rámci rozdílu mezi variantami byl zaznamenán u kontroly odrůdy Sládek na nízké konstrukci v prvním termínu měření, kdy obsahoval pouze 2,87 % N, kdežto ostatní varianty více než 4 % N. Tato hodnota ale nebyla nijak překvapivá vzhledem k tomu, že již třetím rokem nebyla tato varianta hnojena dusíkem. Hodnoty z analýz roku 2017 jsou uvedeny v tabulce 73 v Příloze a znázorněny grafy 62, 63 a 64.



Graf 62: Vývoj obsahu dusíku v sušině listů genotypu PG1428 v roce 2017.



Graf 63: Vývoj obsahu dusíku v sušině listů odrůdy Sládek na nízké konstrukci v roce 2017.



Graf 64: Vývoj obsahu dusíku v sušině listů odrůdy Sládek na vysoké konstrukci v roce 2017.

## 5.7. Hospodářský výnos

Hospodářský výnos byl sledován ve všech letech pokusu, porostech a variantách. Z každé varianty bylo sklizeno 20 rostlin, každá z nich byla před sklizní označena štítkem a u každé byly před sklizní spočítány révy dorostlé ke stropu konstrukce. Primárně byly k hodnocení vybrány rostliny se třemi zavedenými révami na nízké konstrukci a pěti révami na vysoké konstrukci. Hmotnost sklizených hlávek z každé rostliny poté byla přepočtena na teoretický výnos při zavedení 6 rév u rostlin na nízké konstrukci a 5 rév (3+2) na konstrukci vysoké. Šest rév z rostliny je standardní počet, na který cílí pěstitelé chmele na nízkých konstrukcích v Anglii. Jelikož je PG1428 původem anglický genotyp, byl teoretický výnos přepočten právě na tento počet rév. V pokusech této disertační práce však rostliny z praktických důvodů nevyužívali jako oporu síť, ale žíhaný ocelový drátek o průměru 1,06 mm. Ke každé rostlině byl zaveden jen jeden chmelovodič, na který z důvodu zajištění dostatečných světelných podmínek lze zavést maximálně tři révy.

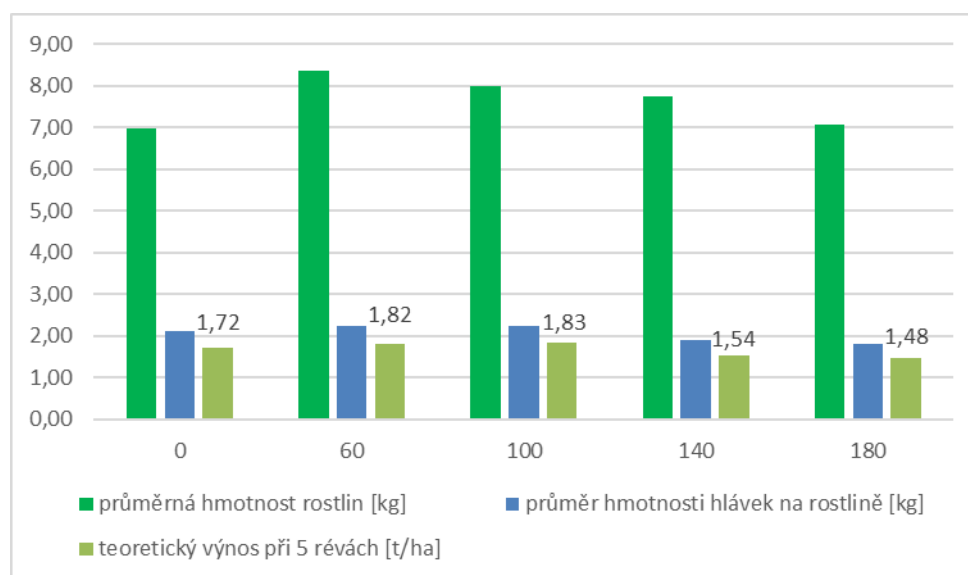


### 5.7.1. Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnosy chmele v roce 2015

V roce 2015 nedošlo ke sklizni porostů PG1428 a Sládka na nízké konstrukci, neboť vlivem vysokých teplot a nedostatku srážek došlo k uschnutí nadzemní biomasy rostlin před dosažením technologické zralosti. Z těchto rostlin byl následně odebrán alespoň vzorek hlávek pro laboratorní analýzy kvality chmele.

V tomto roce tak byl vyhodnocen pouze výnos Sládka na vysoké konstrukci, který byl celou vegetací zavlažován. Celková dávka závlahové vody dosáhla 506 l na rostlinu za vegetaci. I na těchto rostlinách se ale podepsal stres způsobený vysokými teplotami a výnos neodpovídal hodnotám typickým pro tuto odrůdu. Habitus rostlin bez ohledu na variantu působil slabým dojmem, úroveň nasazení hlávek byla podprůměrná. Nejslabším dojmem působily rostliny variant 140 a 180, které měly vizuálně nejslabší olistění a nasazení hlávek.

Nejvyšší hmotnosti rostlin dosáhly rostliny varianty 60 (8,37 kg), nejnižší varianty 0 (6,97 kg). Nejvyšší průměrná hmotnost hlávek na rostlině byla zaznamenána u variant 100 (2,25 kg) a 60 (2,24 kg), nejnižší u varianty 180 (1,81 kg). Poměr hlávek ku nadzemní biomase byl nejlepší u variant 60 (0,257) a 100 (0,256), nejhorší u varianty 140 (0,219). Data jsou zobrazena v grafu 65. Ve sklizňových výsledcích tohoto porostu nebyla zaznamenána očekávaná závislost na dávce dodaného dusíku,  $r = -0,416$ .



Graf 65: Průměrné hmotnosti rostlin, hlávek a teoretický výnos při zavedení 5 rév u odrůdy Sládek na vysoké konstrukci v roce 2015.

Nejvyššího teoretického výnosu dosáhly varianty 100 a 60 (1,83, resp. 1,82 t.ha<sup>-1</sup>). Nejnižší výnos byl zaznamenán u obou variant s nejvyšší dávkou dusíku, tj. 180 a 140 (1,48, resp. 1,54 t.ha<sup>-1</sup>). Kontrolní varianta dosáhla výnosu 1,72 t.ha<sup>-1</sup>. Statistickým šetřením nebyl zjištěn rozdíl mezi variantami v hmotnosti rostlin ( $p = 0,245$ ), ale byl zjištěn v průměrné hmotnosti hlávek na rostlině, tedy i hospodářském výnosu chmele. Přehled ze statistického šetření je uveden v tabulce 51.

Tab. 51: Výnosové parametry a statistické odlišnosti variant Sládek na vysoké konstrukci v roce 2015.

Sládek VK - 2015						
varianta	průměrná hmotnost rostlin [kg]		průměr hmotnosti hlávek na rostlině [kg]		poměr hlávek ku nadzemní biomase	teoretický výnos při 5 révách [t/ha]
0	6,97	a	2,11	b c	0,235	1,72
60	8,37	a	2,24	a b	0,257	1,82
100	8,00	a	2,25	a	0,256	1,83
140	7,73	a	1,89	b c	0,219	1,54
180	7,07	a	1,81	c	0,233	1,48

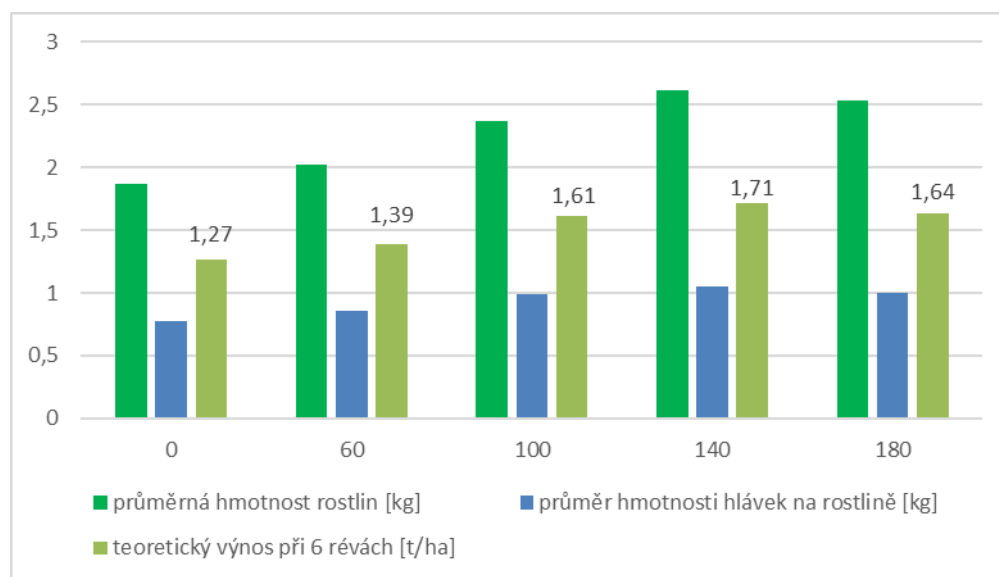
### 5.7.2. Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnosy chmele v roce 2016

Rostliny PG 1428 se v průběhu celého roku 2016 vyznačovaly silným habitem, hustým nasazením pazochů a hlávek. Termín sklizně byl naplánován na 15. 9., ovšem v důsledku vnějších vlivů musel být přesunut až na pondělí 19. 9. 2016. Kvůli posunutí termínu sklizně se projevila jedna z negativních vlastností tohoto genotypu, a to silná náchylnost hlávek k rozplevení i při slabém opoždění sklizně. V pěstitelsky příznivém roce 2016 i přesto dosáhl genotyp PG1428 nejvyšších výnosů ve všech variantách, kdy nejnižšího teoretického výnosu při šesti zavedených révách dosáhla kontrola s 1,27 t.ha<sup>-1</sup>, nejvyššího výnosu naopak varianta 140 s 1,71 t.ha<sup>-1</sup>. Poměr hlávek ku biomase se pohyboval ve vysokých hodnotách mezi 0,4 až 0,42. Vysoká hodnota poměru je dána vlastnostmi genotypů pro nízké konstrukce, které z podstaty způsobu pěstování pazochují od nízkých výšek porostu (některé již okolo 30 cm nad povrchem půdy) a vytvářejí tak květy a hlávky v téměř celém vertikálním profilu rostliny, čímž se liší od genotypů šlechtěných pro vysoké konstrukce, jejichž pazochy se většinou objevují nad hranicí 1,5 m od povrchu půdy. Nižší poměr se projevil u obou variant s nejvyššími dávkami dusíku, kdy lze předpokládat, že rostliny tvořily významnější množství vegetativní

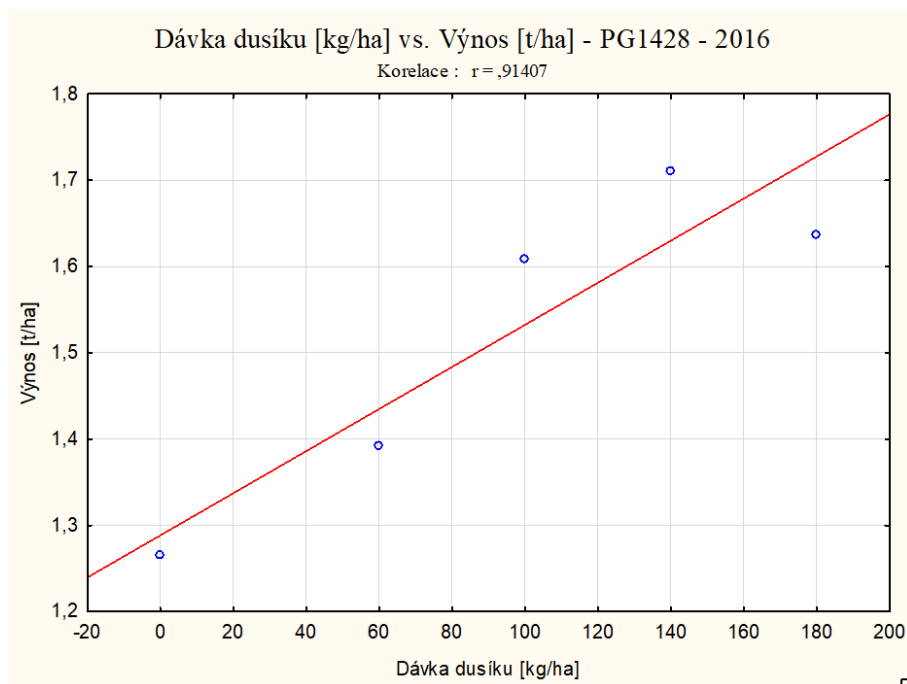
biomasy. Přehled sklizňových výsledků včetně statistických odchylek je uveden v tabulce 52. Ve výnosu byla zaznamenána závislost na zvyšující se dávce minerálního dusíku,  $r = 0,914$ ,  $r^2 = 0,836$ . Ačkoliv varianta 180 dosáhla mírně nižšího výnosu než varianta 140, rozdíl nebyl statisticky významný a lze oba výběry považovat za shodné. Grafické znázornění je demonstrováno grafy 66 a 67.

Tab. 52: Výnosové parametry a statistické odlišnosti variant PG1428 v roce 2016.

PG1428 - 2016						
varianta	průměrná hmotnost rostlin [kg]		průměr hmotnosti hlávek na rostlině [kg]		poměr hlávek ku nadzemní biomase	teoretický výnos při 6 révách [t/ha]
0	1,87	<b>c</b>	0,78	<b>b</b>	0,415	1,27
60	2,02	<b>c</b>	0,85	<b>b</b>	0,423	1,39
100	2,37	<b>b</b>	0,99	<b>a</b>	0,417	1,61
140	2,61	<b>a</b>	1,05	<b>a</b>	0,402	1,71
180	2,54	<b>a b</b>	1,00	<b>a</b>	0,396	1,64



Graf 66: Průměrné hmotnosti rostlin, hlávek a teoretický výnos při zavedení 6 rév u PG1428 v roce 2016.

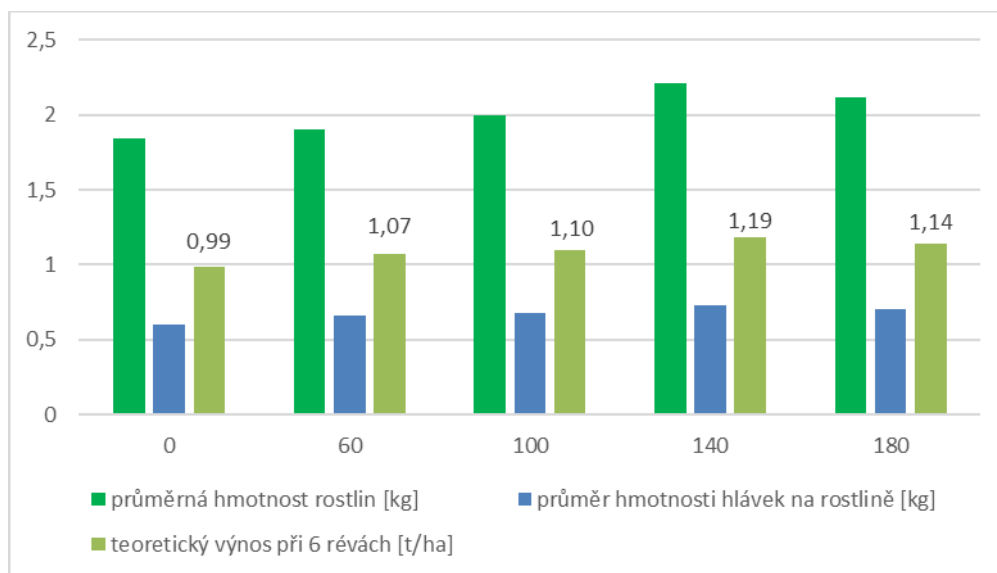


Graf 67: Závislost průměrných výnosů na dodané dávce minerálního dusíku u PG1428 v roce 2016.

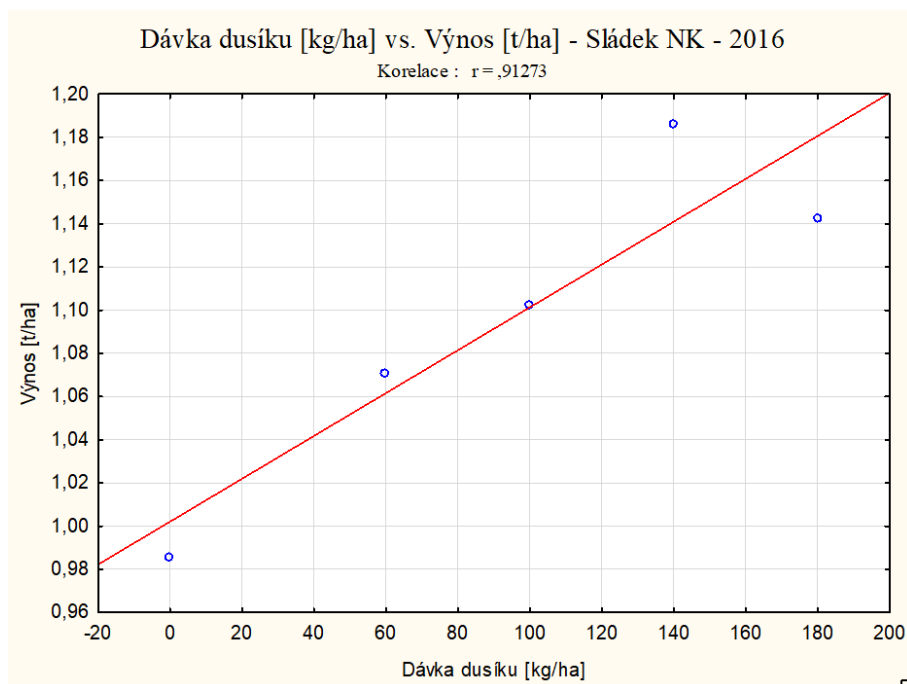
Odrůda Sládek na nízké konstrukci v roce 2016 projevila schopnost vytvořit habitus vzdáleně se podobající zakrslým odrůdám vyšlechtěným pro nízkou konstrukci. Hlavními rozdíly, kterými se Sládek odlišuje, jsou vyšší výška nasazení pazochů, delší internodia a menší počet dlouhých pazochů. Varianta 0 byla již v průběhu vegetace zřetelně slaběji zbarvená, ačkoliv vertikálním růstem nezaostávala za hnojenými variantami. Sládek na nízké konstrukci nakonec zaznamenal teoretický výnos pohybující se v rozmezí běžných výnosů genotypů pro nízké konstrukce. Nejnižší hodnoty dosáhla kontrolní varianta,  $0,99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , nejvyšší potom varianty 140 a 180 ( $1,19$ , resp.  $1,14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Oproti PG1428 zde byl zřetelně nižší poměr hlávek ku nadzemní biomase, právě z důvodu odlišného habitu, kdy je spodní patro do výšky cca 120 cm v podstatě bez pazochů a hlávek. Nejvyšší poměr vykazala varianta 60 ( $0,345$ ), nejnižší pak kontrola a obě nejvíce hnojené varianty ( $0,328 - 0,331$ ). Hmotnost rostlin se u kontroly a varianty 60 výrazně nelišila od stejných variant v porostu PG1428, ovšem s přibývajícím množstvím dostupného dusíku se projevila vyšší schopnost tvorby biomasy u PG1428. I u tohoto porostu se projevila závislost ve výnosu na množství dodaného dusíku,  $r = 0,901$ ,  $r^2 = 0,812$ . Získané hodnoty včetně statistických odlišností jsou uvedeny v tabulce 53 a znázorněny grafy 68 a 69.

Tab. 53: Výnosové parametry a statistické odlišnosti variant Sládka na nízké konstrukci v roce 2016.

Sládek NK - 2016						
varianta	průměrná hmotnost rostlin [kg]		průměr hmotnosti hlávek na rostlině [kg]		teoretický výnos při 6 révách [t/ha]	
0	1,84	<b>c</b>	0,60	<b>b</b>	0,328	0,99
60	1,90	<b>c</b>	0,66	<b>a b</b>	0,345	1,07
100	2,00	<b>b c</b>	0,68	<b>a b</b>	0,339	1,10
140	2,21	<b>a</b>	0,73	<b>a</b>	0,329	1,19
180	2,12	<b>a b</b>	0,70	<b>a</b>	0,331	1,14



Graf 68: Průměrné hmotnosti rostlin, hlávek a teoretický výnos při zavedení 6 rév u Sládka na nízké konstrukci v roce 2016.

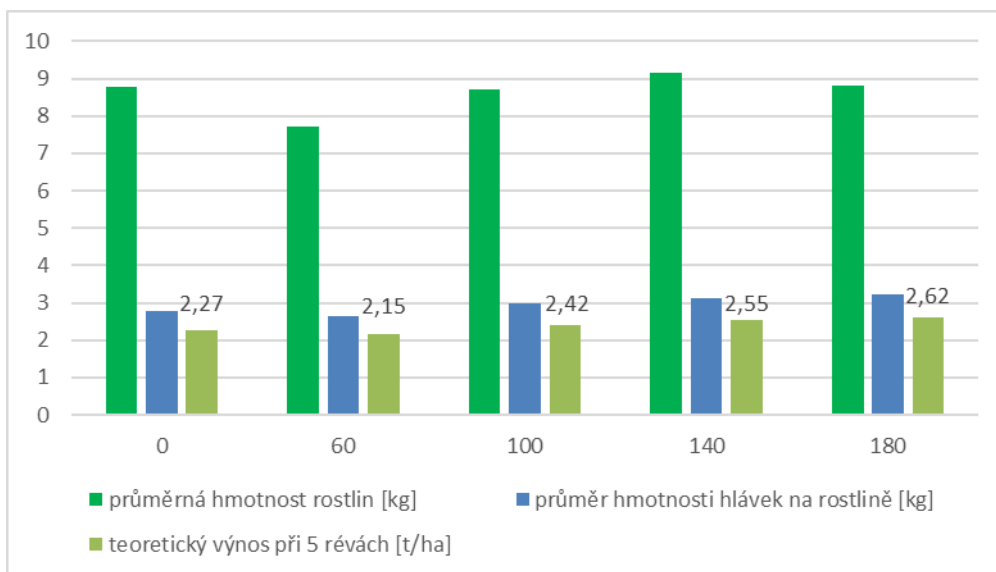


Graf 69: Závislost průměrných výnosů na dodané dávce minerálního dusíku u Sládka na nízké konstrukci v roce 2016.

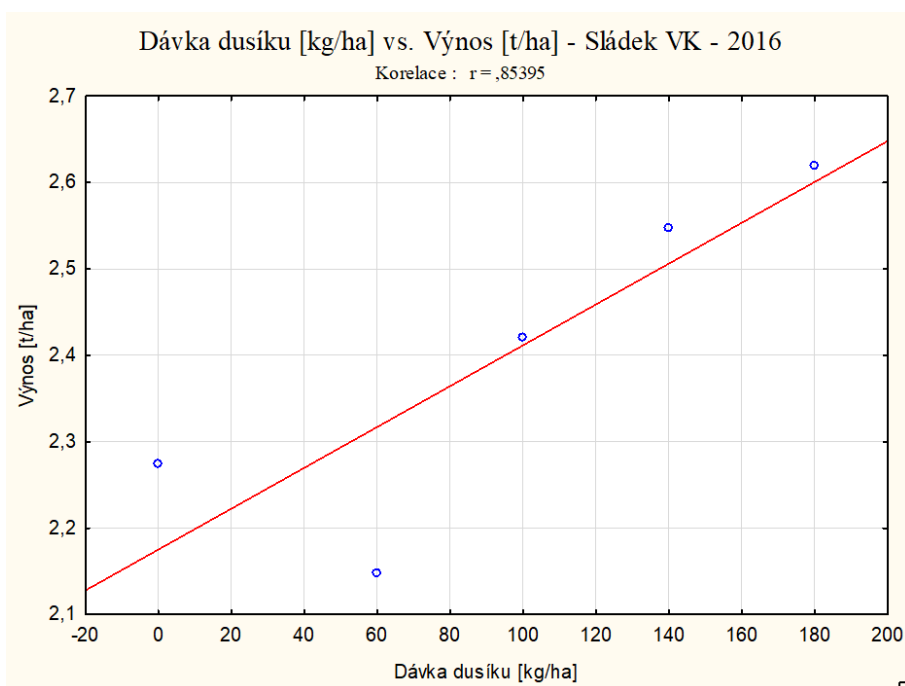
Sládek na vysoké konstrukci měl v roce 2016 téměř ideální podmínky k tvorbě výnosu. Díky dostupnosti kapkové závlahy překonal snáze i krátké periody sucha, které se v průběhu vegetace objevily. V roce 2016 však bylo závlahou dodáno pouze 212 l k rostlině. Nejvyšší průměrné hmotnosti rostlin byly dosaženy ve variantách 140 a 180 (9,14, resp. 8,83 kg), těsně následovány kontrolní variantou (8,79 kg). Rostliny s nejnižší průměrnou hmotností byly sklizeny ve variantě 60, pouze 7,72 kg. V tomto parametru však nebyla zjištěna statistická odchylka mezi jednotlivými soubory. Nejvyšší hmotnost hlávek z rostliny byla sklizena ve variantě 180 (3,21 kg), nejnižší opět u varianty 60 (2,64 kg). Nejvyšší poměr hlávek ku biomase byl zjištěn u varianty 180 (0,365), nejnižší u kontrolní varianty (0,316). Teoretický výnos byl v roce 2016 nadprůměrný, nejvyšší byl vypočten pro variantu 180 (2,62 t.ha<sup>-1</sup>), nejnižší pro variantu 60 (2,15 t.ha<sup>-1</sup>). Důvod, proč byly výsledky varianty 60 ve většině parametrů v porovnání s kontrolní variantou horší, není znám, ovšem statisticky nebyla v žádném ze sledovaných parametrů nalezena odchylka. Vypočtený korelační koeficient  $r = 0,854$ , koeficient determinace  $r^2 = 0,729$ . Výsledky sklizně 2016 se statistickým vyhodnocením jsou uvedeny v tabulce 54 a znázorněny grafy 70 a 71.

Tab. 54: Výnosové parametry a statistické odlišnosti variant Sládka na vysoké konstrukci v roce 2016.

Sládek VK - 2016						
varianta	průměrná hmotnost rostlin [kg]		průměr hmotnosti hlávek na rostlině [kg]		poměr hlávek ku nadzemní biomase	teoretický výnos při 5 révách [t/ha]
0	8,79	<b>a</b>	2,79	<b>a</b>	0,316	2,27
60	7,72	<b>a</b>	2,64	<b>a</b>	0,345	2,15
100	8,71	<b>a</b>	2,97	<b>a</b>	0,347	2,42
140	9,14	<b>a</b>	3,13	<b>a</b>	0,342	2,55
180	8,83	<b>a</b>	3,21	<b>a</b>	0,365	2,62



Graf 70: Průměrné hmotnosti rostlin, hlávek a teoretický výnos při zavedení 5 rév u Sládka na vysoké konstrukci v roce 2016.



Graf 71: Závislost průměrných výnosů na dodané dávce minerálního dusíku u Sládka na vysoké konstrukci v roce 2016.

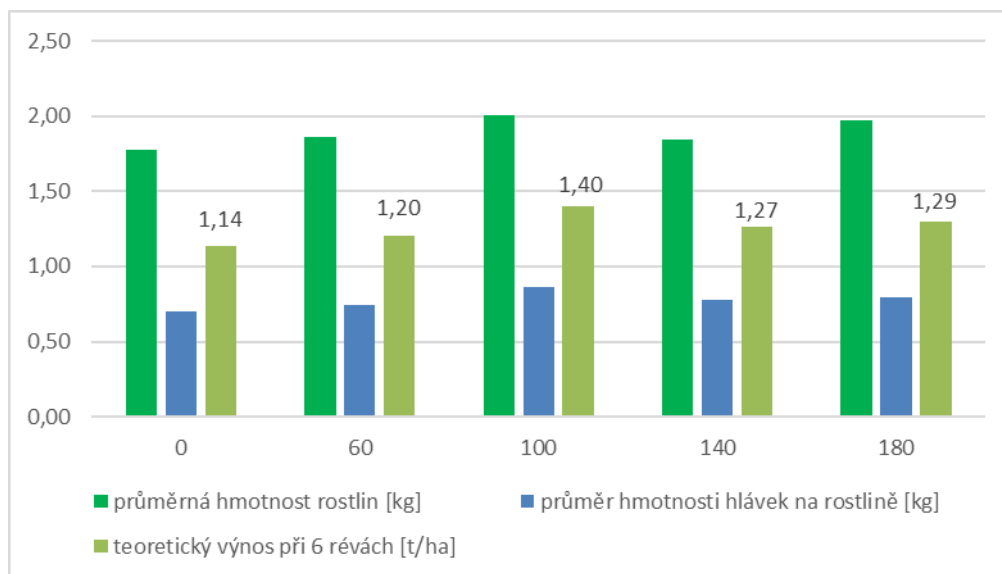
### 5.7.3. Vliv stupňovaných dávek dusíku na výnosy chmele v roce 2017

Rok 2017 nebyl pro nezavlažované chmelnice tak příznivý jako rok 2016, ovšem lze ho považovat za jakýsi průměrný rok ve chmelařské oblasti Žatecko v posledních letech. Vyznačoval se vysokými letními teplotami a poměrně rovnoměrně rozloženými, ale nedostatečně vysokými srážkami. V těchto podmínkách se rozdíly ve výživě dusíkem neprojeví tak výrazně jako v předchozím roce, ale i tady byl patrný vizuální rozdíl mezi kontrolou a ostatními variantami. Nejvyšší průměrné hmotnosti rostlin byly zjištěny ve variantě 100 a 180 (2,0, resp. 1,97 kg), nejnižší ve variantě kontrolní, 1,77 kg. Nebyla mezi nimi však zjištěna statistická odchylka. Obdobně byly zjištěny i průměrné hmotnosti hlávek z rostliny, kdy nejvyšší hodnoty byly zaznamenány opět u variant 100 a 180 (0,86, resp. 0,79 kg) a nejnižší u kontrolní varianty (0,7 kg). Zde už statistika odlišnost mezi nejvyšší a nejnižší průměrnou hmotností prokázala. Poměr hlávek ku biomase byl opět vyšší než u obou sledovaných porostů odrůdy Sládek a pohyboval se v rozmezí 0,39 až 0,43. Nejvyšší byl vypočten u variant 100 a 140 (0,430, resp. 0,421), nejnižší u kontrolní varianty, 0,394. Teoretický výnos doložený na základě sklizňových údajů byl nejvyšší u varianty 100 (1,4 t.ha<sup>-1</sup>), nejnižší u kontroly (1,14 t.ha<sup>-1</sup>). V roce 2017 byla zjištěna středně silná závislost výnosu na dodané dávce dusíku,  $r = 0,627$ . Přehled hodnot je znázorněn v tabulce 55 a grafu 72.

Tab. 55: Výnosové parametry a statistické odlišnosti variant PG1428 v roce 2017.

PG1428 - 2017						
varianta	průměrná hmotnost rostlin [kg]		průměr hmotnosti hlávek na rostlině [kg]		poměr hlávek ku nadzemní biomase	teoretický výnos při 6 révách [t/ha]
0	1,77	<b>a</b>	0,70	<b>b</b>	0,394	1,14
60	1,86	<b>a</b>	0,74	<b>a b</b>	0,397	1,20
100	2,00	<b>a</b>	0,86	<b>a</b>	0,430	1,40
140	1,85	<b>a</b>	0,78	<b>a b</b>	0,421	1,27
180	1,97	<b>a</b>	0,79	<b>a b</b>	0,402	1,29



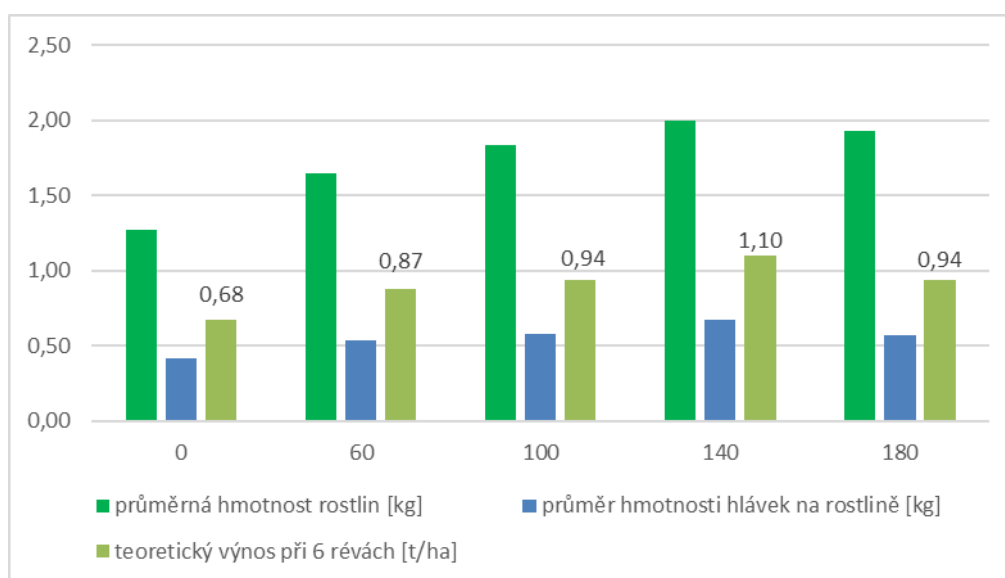


Graf 72: Průměrné hmotnosti rostlin, hlávek a teoretický výnos při zavedení 6 rév u PG1428 v roce 2017.

Nedostatek dusíku v třetím po sobě jdoucím roce se projevil nejvíce právě u Sládka na nízké konstrukci, kdy kontrolní varianta vizuálně trpěla již v průběhu vegetace. Listy byly chlorotické, starší listy ve spodních patrech rostlin rychle ztrácely barvu, žloutly a odumíraly. Naopak varianty 100, 140 a 180 nevykazovaly zjevné vizuální rozdíly a na první pohled nebylo patrné, která varianta je dusíkem hnojená více a která méně. Nejvyšší průměrná hmotnost rostlin byla zjištěna u varianty 140 a 180 (2,0, resp. 1,93 kg), nejnižší pak jednoznačně u kontroly. V tomto parametru byla zjištěna významná statistická odchylka. Průměr hmotnosti hlávek byl taktéž nejvyšší u varianty 140 (0,67 kg) a nejnižší u kontrolní varianty 0 (0,41 kg). I mezi těmito soubory byl zjištěn statistický rozdíl. Poměr hlávek ku biomase byl nejvyšší u varianty 140 (0,337), nejnižší u varianty 180 (0,298). Z výsledků vyplývá, že oproti ostatním variantám tvořily u varianty 180 vyšší podíl v hmotnosti rostlin vegetativní částí rostliny, především réva a listy. Nejvyššího teoretického výnosu dosáhla varianta 140 (1,1 t.ha<sup>-1</sup>), následovaná variantami 100 a 180 (shodně 0,94 t.ha<sup>-1</sup>). Jednoznačně nejnižší výnos byl dopočten pro variantu 0, pouze 0,68 t.ha<sup>-1</sup>. Byla zjištěna středně silná závislost výnosu na dávce minerálního dusíku,  $r = 0,808$ . Výsledky včetně statistických odlišností jsou shrnuty v tabulce 56 a grafu 73.

Tab. 56: Výnosové parametry a statistické odlišnosti variant Sládka na nízké konstrukci v roce 2017.

Sládek NK - 2017						
varianta	průměrná hmotnost rostlin [kg]		průměr hmotnosti hlávek na rostlině [kg]		poměr hlávek ku nadzemní biomase	teoretický výnos při 6 révách [t/ha]
0	1,27	<b>c</b>	0,41	<b>c</b>	0,325	0,68
60	1,65	<b>b</b>	0,54	<b>b</b>	0,326	0,87
100	1,84	<b>a b</b>	0,58	<b>a b</b>	0,315	0,94
140	2,00	<b>a</b>	0,67	<b>a</b>	0,337	1,10
180	1,93	<b>a b</b>	0,58	<b>a b</b>	0,298	0,94



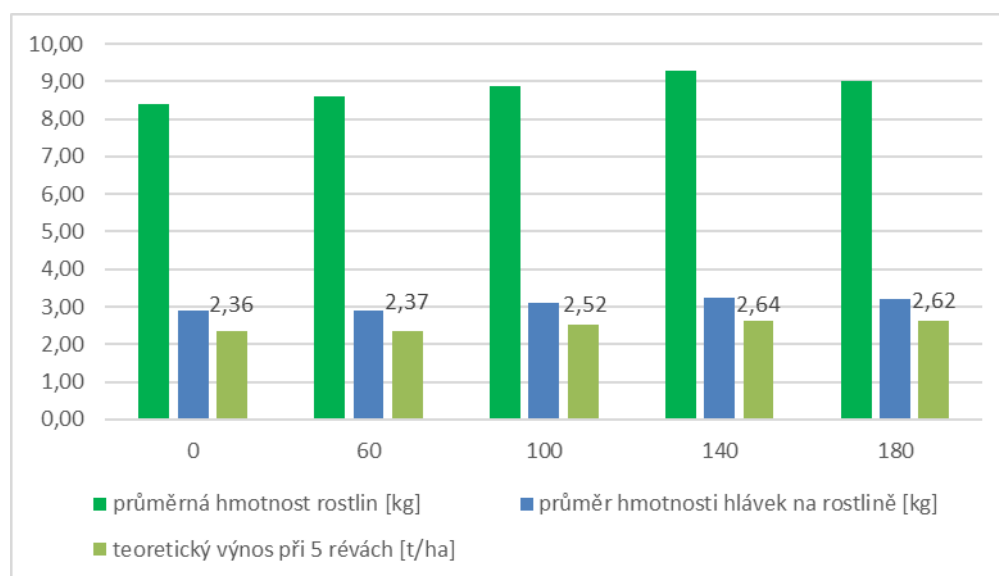
Graf 73: Průměrné hmotnosti rostlin, hlávek a teoretický výnos při zavedení 6 rév u Sládka na nízké konstrukci v roce 2017.

V posledním roce hodnocení hospodářského výnosu nedošlo u tohoto porostu k výraznějšímu překvapení. Fakt, že se před zahájením experimentu jednalo o intenzivně obhospodařovanou půdu, měl za následek pomalý nástup projevů deficitu dusíku, jelikož i přes tříleté vynechání minerálního hnojení měly rostliny dostatečnou zásobu z předchozích let, z dodaného chlévského hnoje a mineralizace organické hmoty v půdě. Dostatečná zásoba živin, v kombinaci s dodatečnou závlahou (346 l na rostlinu za rok), se projevila na poměrně vysoké hmotnosti rostlin variant 0 a 60, rozdíly mezi variantami nebyly statisticky významné. Nejvyšší průměrná hmotnost rostlin byla zaznamenána ve variantě 140 (9,29 kg), nejnižší pak v kontrolní variantě 0 (8,41 kg). Hmotnost hlávek z rostliny taktéž nevykázala statistickou diferenci. Byla však zjištěna statistická závislost průměrných výnosů jednotlivých variant na dodané dávce

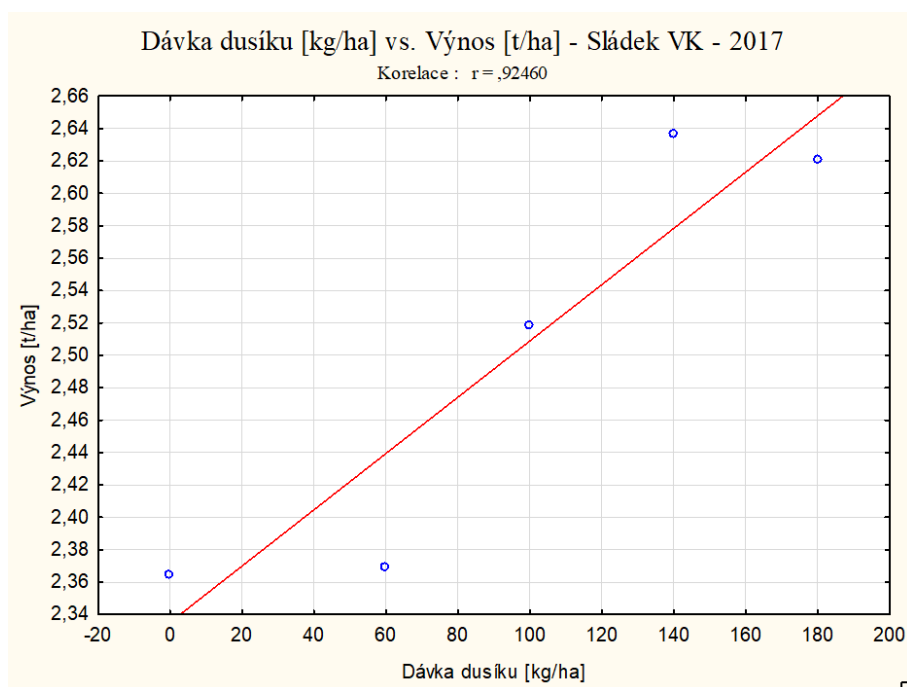
minerálního dusíku,  $r = 0,925$ ,  $r^2 = 0,855$ . Nejvyšší průměrné hmotnosti byly zjištěny ve variantách 140 a 180 (3,24, resp. 3,22 kg), nejnižší ve variantách 0 a 60 (2,9, resp. 2,91 kg). Nejvyšší poměr hlávek ku nadzemní biomase byl zjištěn u varianty 180 (0,357), nejnižší ve variantě 60 (0,337). Nejvyšší teoretický výnos při pěti zavedených a dorostlých révách byl vypočten pro varianty 140 a 180 (2,64, resp. 2,62 t.ha<sup>-1</sup>), nejnižší pro kontrolní variantu 0 a variantu 60 (2,36, resp. 2,37 t.ha<sup>-1</sup>). V příznivém roce 2016 i v průměrném roce 2017 byl nejvyšší poměr hlávek ku biomase zaznamenán ve variantě se 180 kg aplikovaného minerálního dusíku, což napovídá, že taková dávka dusíku je pro dlouhodobé dosažení průměrných výnosů přes 2,5 t.ha<sup>-1</sup> nezbytná. Výsledky se statistickým vyhodnocením jsou uvedeny v tabulce 57 a grafech 74 a 75.

Tab. 57: Výnosové parametry a statistické odlišnosti variant Sládka na vysoké konstrukci v roce 2017.

Sládek VK - 2017						
varianta	průměrná hmotnost rostlin [kg]		průměr hmotnosti hlávek na rostlině [kg]		poměr hlávek ku nadzemní biomase	teoretický výnos při 5 révách [t/ha]
0	8,41	a	2,90	a	0,344	2,36
60	8,60	a	2,91	a	0,337	2,37
100	8,87	a	3,09	a	0,348	2,52
140	9,29	a	3,24	a	0,346	2,64
180	9,01	a	3,22	a	0,357	2,62



Graf 74: Průměrné hmotnosti rostlin, hlávek a teoretický výnos při zavedení 5 rév u Sládka na vysoké konstrukci v roce 2017.



Graf 75: Závislost průměrných výnosů na dodané dávce minerálního dusíku u Sládka na vysoké konstrukci v roce 2017.

#### 5.7.4. Shrnutí výsledků hospodářských výnosů chmele

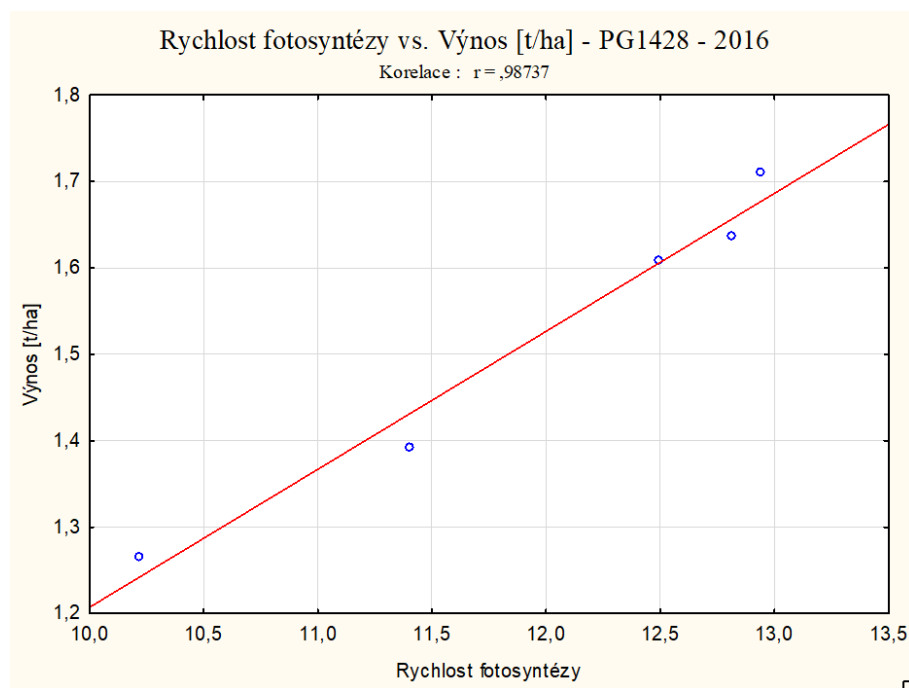
Z výnosových výsledků pokusu je patrné, že optimální dávka minerálního dusíku pro dosažení nejvyššího výnosu se liší u porostů nízké a vysoké konstrukce. Genotyp PG1428 dosáhl nejvyšších výnosů při dávce  $140 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  v roce 2016 a  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  v roce 2017. Dávka  $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  se v obou letech projevila vyšší mírou olistění na úkor tvorby hlávek, tato varianta tak vykazala horší poměr hlávek ku vegetativní biomase. Při dávce dusíku  $100 - 140 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  byl naopak poměr nejprůzračnější.

Obdobného výsledku dosáhl Sládek na nízké konstrukci, který taktéž dosáhl nejvyšších výnosů ve variantě 140, ovšem s tím rozdílem, že velká část síranu amonného dodaná v první aplikaci nemohla být ihned využívána rostlinou k tvorbě výnosu, neboť Sládek v tomto systému pěstování musí být velmi pozdě řezán pro zabránění přerůstání. Odčerpaná a využitá část dusíku je tak zničena odřezáním již vytvořené nadzemní biomasy. Při cílené aplikaci dusíku až v době možného využití rostlinou je potenciál pro snížení množství hnojiva na dosažení stejného hospodářského výnosu.

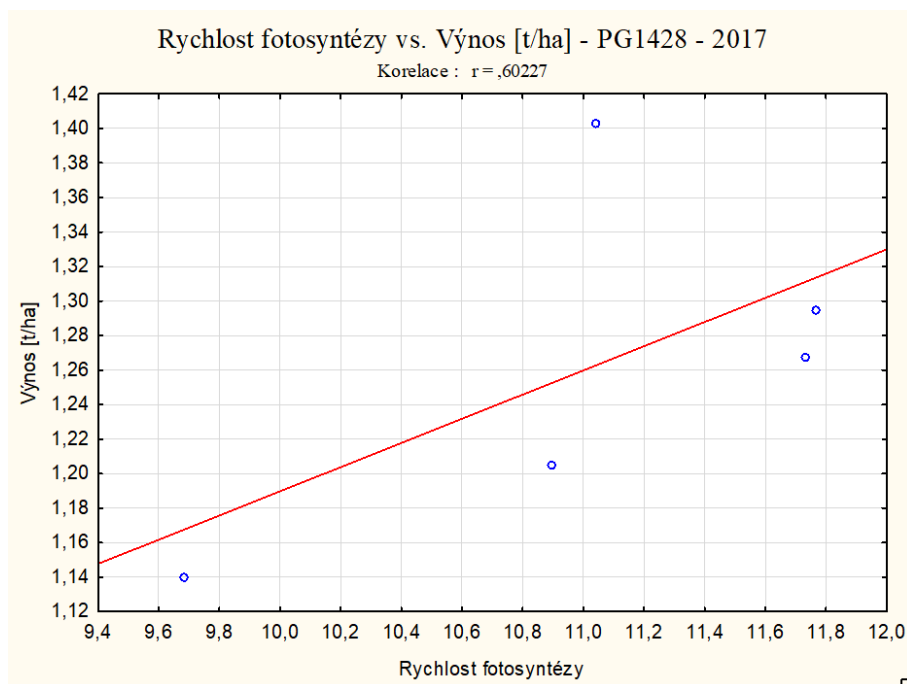
Sládek na vysoké konstrukci v letech 2016 a 2017 dosáhl nejvyšších výnosů ve variantách s nejvyššími dávkami hnojiv. Prokázalo se, že pro dlouhodobé udržení hospodářského výnos převyšujícího  $2,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  je dávka alespoň  $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  nezbytná. Výnosy z atypického roku 2015 naopak ukázaly, že teplotnímu stresu lépe odolaly rostlin s hnojené nižší dávkou minerálního dusíku. Je však potřeba vzít v potaz i vysokou zásobu dusíku v půdě u varianty 60 ( $253 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  před aplikací LAV), která tehdy dosáhla nejvyššího výnosu. Z dlouhodobého hlediska intenzivní výživy chmele jde tedy o nižší dávku hnojiva, ale v kontextu obsahů dusíku v půdě nízkých konstrukcí jde o vysokou hodnotu.

## 5.8. Vliv rychlosti fotosyntézy na úroveň hospodářského výnosu chmele

V rámci statistického šetření byl zjišťován vliv rychlosti fotosyntézy na úroveň hospodářského výnosu. Hypotéza, že se zvyšující se rychlostí fotosyntézy se zvyšuje hospodářský výnos, byla potvrzena jen v roce 2016, kdy byl zjištěn korelační koeficient  $r = 0,987$  a koeficient determinace  $r^2 = 0,975$ . V roce 2017 hypotéza potvrzena nebyla, korelační koeficient pouze  $r = 0,602$  a  $r^2 = 0,363$ . Výsledek je graficky znázorněn grafy 76 a 77.



Graf 76: Závislost výnosu na rychlosti fotosyntézy v roce 2016.



Graf 77: Závislost výnosu na rychlosti fotosyntézy v roce 2017.

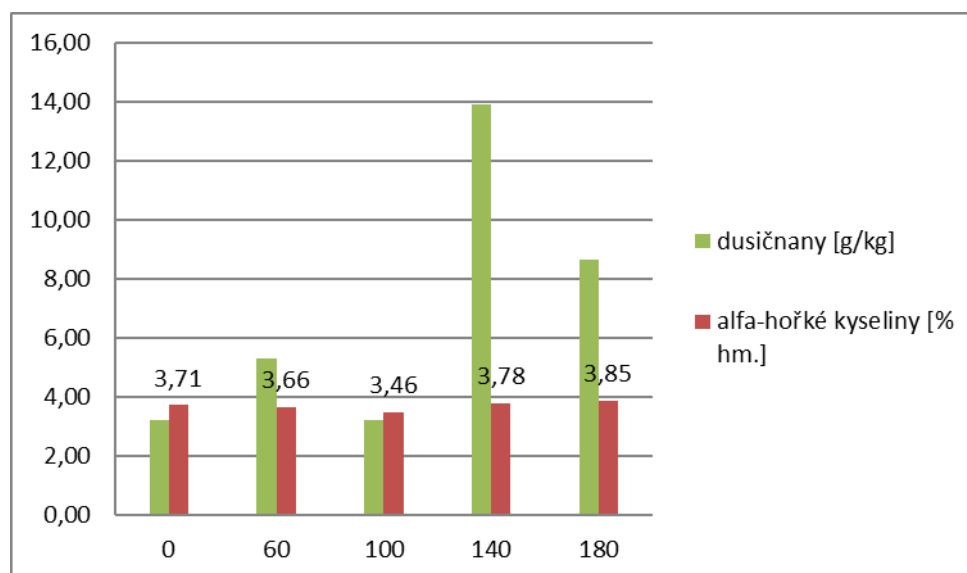
## 5.9. Analýzy hlávek

Z každého sklizeného vzorku v průběhu celého pokusu byl odebrán směsný vzorek pro stanovení obsahu alfa-hořkých kyselin, tzv. konduktometrickou hodnotu, a také stanoven obsah dusičnanů pomocí HPLC.

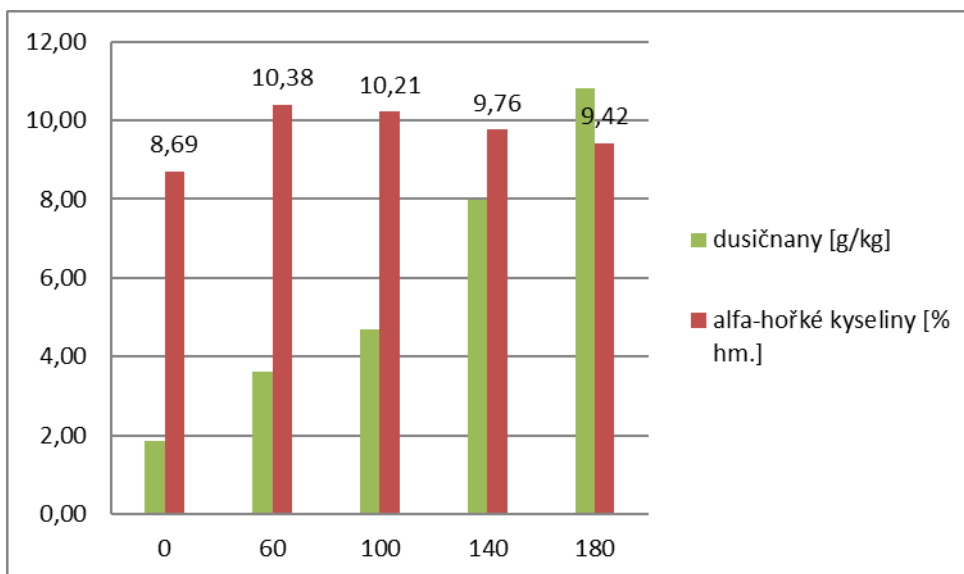
Výsledky z roku **2015** lze považovat za relevantní pouze u Sládka na vysoké konstrukci, který nebyl výrazně poškozen nepříznivým průběhem počasí. Vzorky z obou porostů na nízkých konstrukcích byly odebrány ručně ze suchem poškozených rostlin, aby byla k dispozici alespoň kvalitativní data za rok 2015. Genotyp PG1428 vykázal poměrně stabilní obsah v rámci variant (korelační koeficient závislosti na dávce dusíku pouze  $r = 0,38$ ), kdy byl nejvyšší obsah alfa-hořkých kyselin naměřen ve variantě 140 (3,78 % hm.) a nejnižší ve variantě 100 (3,46 % hm.). Takováto diference se běžně vyskytuje i při odběrech v rámci jednoho porostu. Sládek na nízké konstrukci se projevil výrazně vyššími rozdíly v obsahu alfa-hořkých kyselin, kdy byla nejvyšší hodnota stanovena ve variantě 60 (10,38 % hm.) a nejnižší ve variantě 0 (8,69 % hm.) Závislost na dávce dusíku byla ještě slabší,  $r = 0,28$ . Všechny získané hodnoty jsou nadprůměrné pro odrůdu Sládek, což ale bylo způsobeno velmi vysušenými hlávkami, které nedosahovaly obvyklé sklizňové vlhkosti 74 – 80 %. Sládek na vysoké konstrukci dosáhl podprůměrných obsahů ve všech variantách. Projevila se zde deprese

způsobená vysokými teplotami v červenci a druhé polovině srpna. Nejvyšší hodnota byla stanovena ve variantě 180 (5,58 % hm.), nejnižší ve variantě 140 (4,24 % hm.). Korelační koeficient byl středně silný,  $r = 0,62$ .

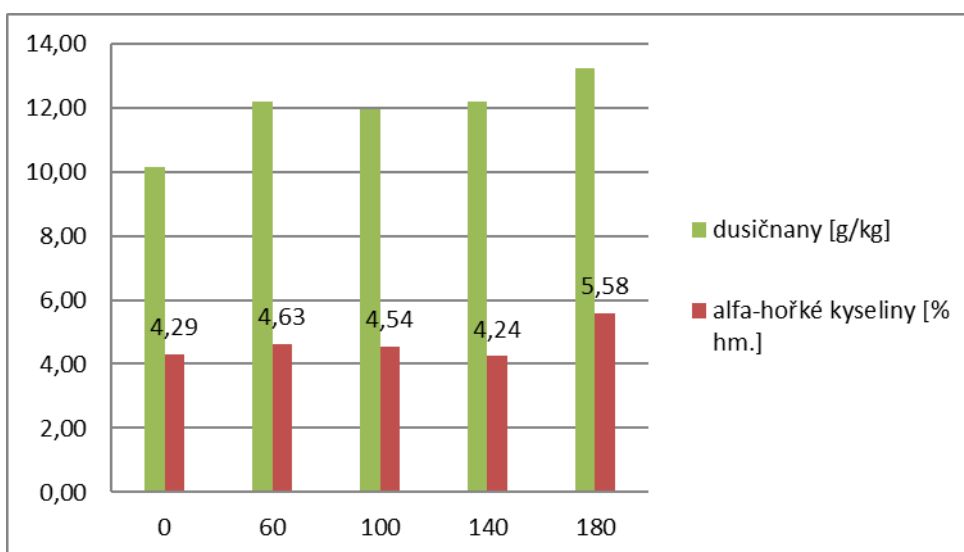
Obsah dusičnanů v hlávkách PG1428 projevil výraznou a nezávislou diferencí. Nejnižší hodnota byla naměřena ve variantách 100 a 0 (3,2, resp. 3,22 g.kg<sup>-1</sup>), nejvyšší ve variantě 140 (13,91 g.kg<sup>-1</sup>). Nejvíce hnojená varianta nedosáhla dle očekávání nejvyšší hodnoty, ovšem nárůst obsahu dusičnanů oproti kontrole zde byl patrný (8,67 g.kg<sup>-1</sup>). V atypickém roce nebyla zjištěna významná závislost, korelační koeficient dosáhl pouze hodnoty  $r = 0,67$ . Sládek na nízké konstrukci vykázal téměř lineární závislost ( $r = 0,968$ ,  $r^2 = 0,937$ ) v obsahu dusičnanů na množství dodaného dusíku, kdy nejnižší koncentrace byla naměřena v kontrolní nehnojené variantě (1,86 g.kg<sup>-1</sup>) a nejvyšší ve variantě 180 (10,82 g.kg<sup>-1</sup>). Sládek na vysoké konstrukci se vzhledem k charakteru porostu a jeho historii pohyboval již od kontrolní varianty v hodnotách vyšších než 10 g.kg<sup>-1</sup>. Kontrolní varianta zaznamenala nejnižší obsah, 10,14 g.kg<sup>-1</sup>, nejvyšší byl zjištěn u varianty 180, a to 13,24 g.kg<sup>-1</sup>. V tomto parametru byla u Sládka na VK zjištěna závislost na dávce dusíku, kdy  $r = 0,91$  a  $r^2 = 0,82$ . Získaná data jsou znázorněna tabulkami 74, 75 a 76 v Příloze, a grafy 78, 79 a 80.



Graf 78: Vliv stupňovaných dávek dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách PG1428 v roce 2015.



Graf 79: Vliv stupňovaných dávek dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na nízké konstrukci v roce 2015.



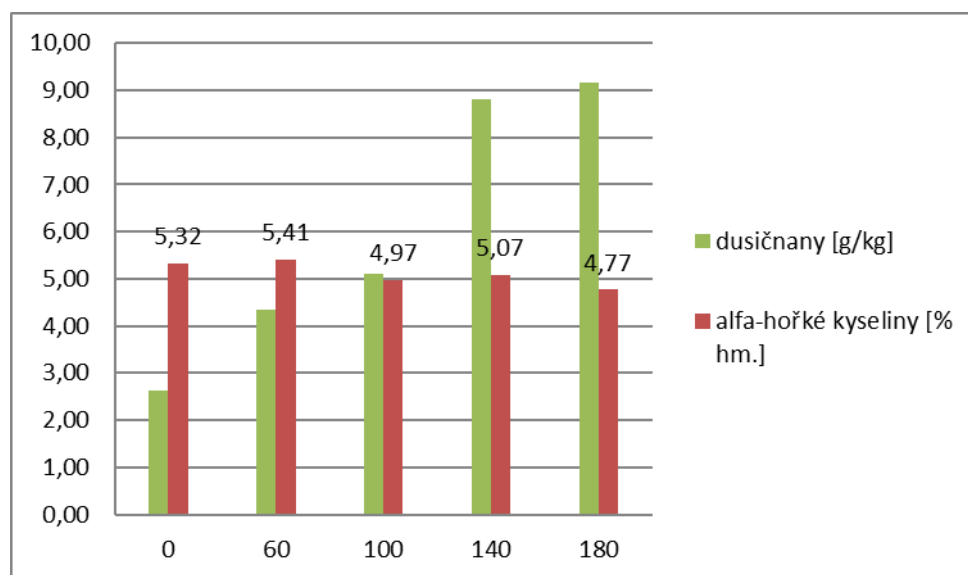
Graf 80: Vliv stupňovaných dávek dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na vysoké konstrukci v roce 2015.

Obsah alfa-hořkých kyselin v hlávkách v roce **2016** odpovídal hodnotám, které jsou pro sledované genotypy typické. Obsah u PG1428 se pohyboval v rozmezí 4,7 – 5,4 % hm., nejvíce bylo zaznamenáno ve variantě 60 (5,41 % hm.), nejméně ve variantě 180 (4,77 % hm.). Statisticky byla zjištěna středně silná negativní závislost na dávce dusíku,  $r = -0,85$ . Mírně nadprůměrný výsledek byl zjištěn u Sládka na nízké konstrukci, kdy nejvyšší obsah vykázaly hlávky varianty 100 (8,62 % hm.) a nejnižší varianty 140 (7,76 % hm.). V tomto porostu nebyla

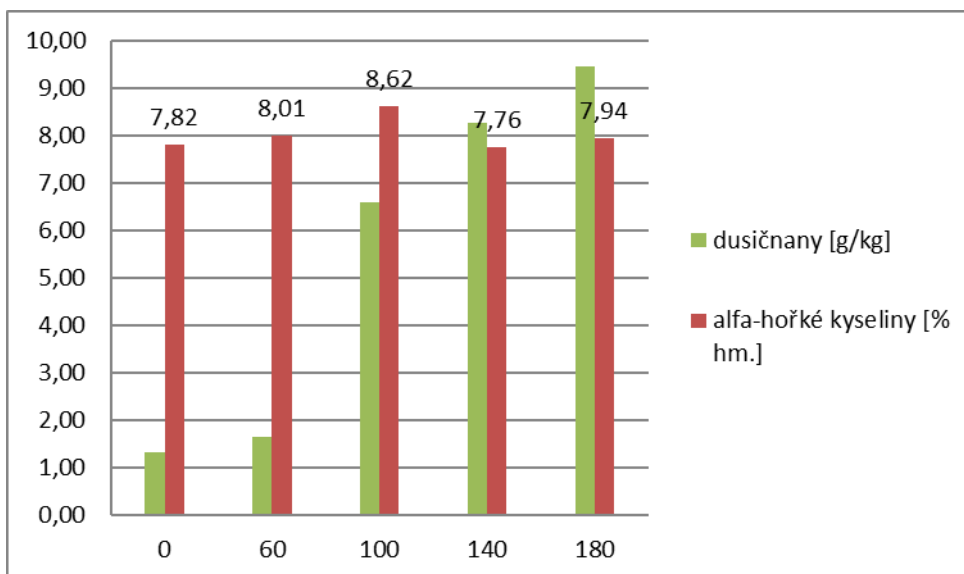


zjištěna žádná závislost na dávce dusíku. Sládek na vysoké konstrukci dosáhl průměrných hodnot, nejvyšší obsah byl zjištěn ve variantách 0 a 140 (shodně 6,91 % hm.), nejnižší ve variantě 180 (5,9 % hm.). Jak se během optimálního roku 2016 ukázalo, na obsah alfa-hořkých kyselin má nejdůležitější vliv genetická predispozice, ročník a lokalita, vliv úrovně výživy se ukázal jako nevýznamný.

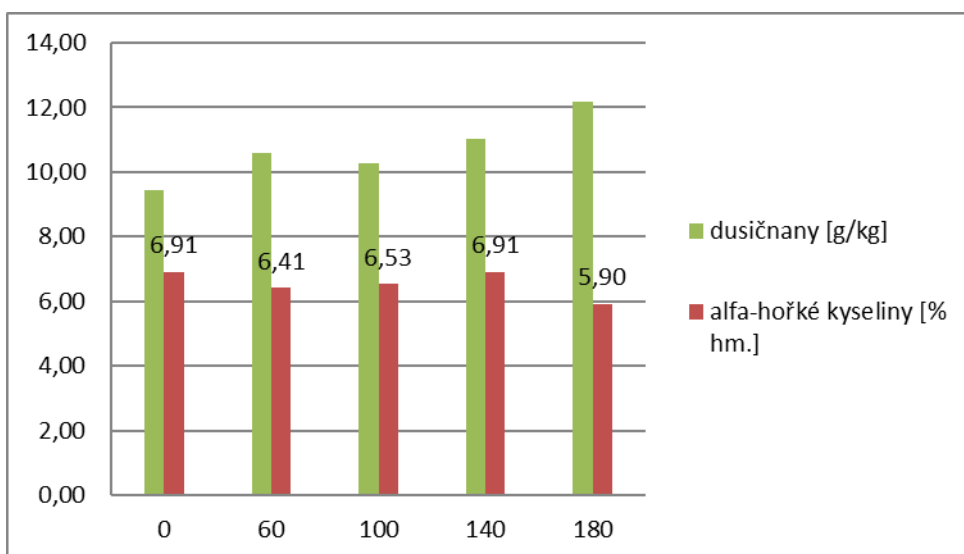
Obsah dusičnanů v roce 2016 projevil závislosti na množství dodaného dusíku, kdy nejnižších koncentrací dosáhly ve všech porostech kontrolní varianty a nejvyšších naopak varianty s nejvyššími dávkami dusíku. PG1428 v kontrolní variantě zaznamenal 2,62 g.kg<sup>-1</sup>, ve variantě 180 pak 9,16 g.kg<sup>-1</sup>. Sládek na nízké konstrukci v kontrolní variantě 1320 mg.kg<sup>-1</sup> a ve variantě s nejvyšší dávkou dusíku 9,47 g.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšších hodnot opět dosáhl Sládek na vysoké konstrukci, kdy kontrola vykazovala 9,45 g.kg<sup>-1</sup> a varianta 180 až 12,17 g.kg<sup>-1</sup>. Ve všech porostech byla zjištěna statistická závislost na zvyšující se dávce dusíku, konkrétně  $r = 0,96$  u PG1428,  $r = 0,94$  u Sládka na nízké konstrukci a  $r = 0,93$  u Sládka na vysoké konstrukci. Získané hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 77, 78 a 79 v Příloze, a grafech 81, 82 a 83.



Graf 81: Vliv stupňovaných dávek dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách PG1428 v roce 2016.



Graf 82: Vliv stupňovaných dávek dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na nízké konstrukci v roce 2016.

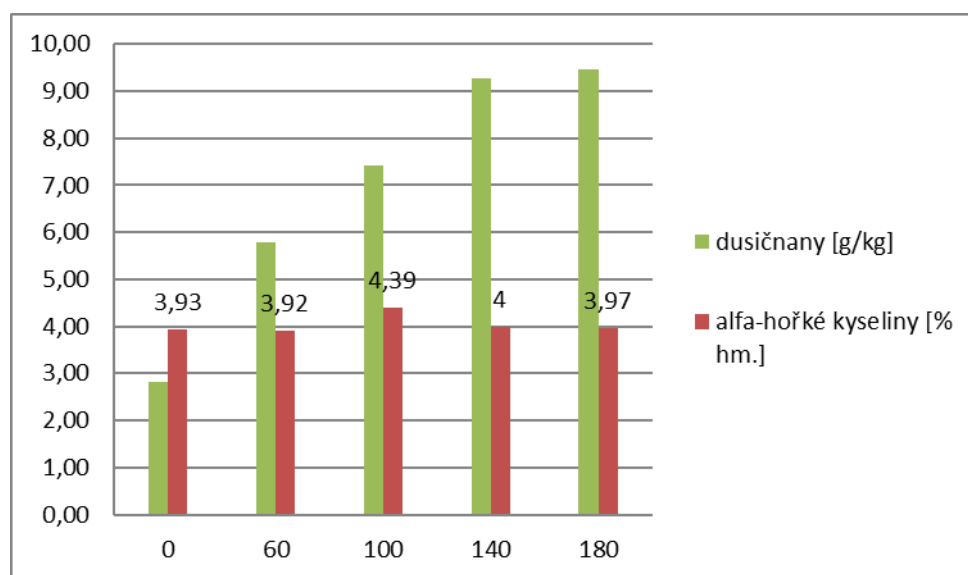


Graf 83: Vliv stupňovaných dávek dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na vysoké konstrukci v roce 2016.

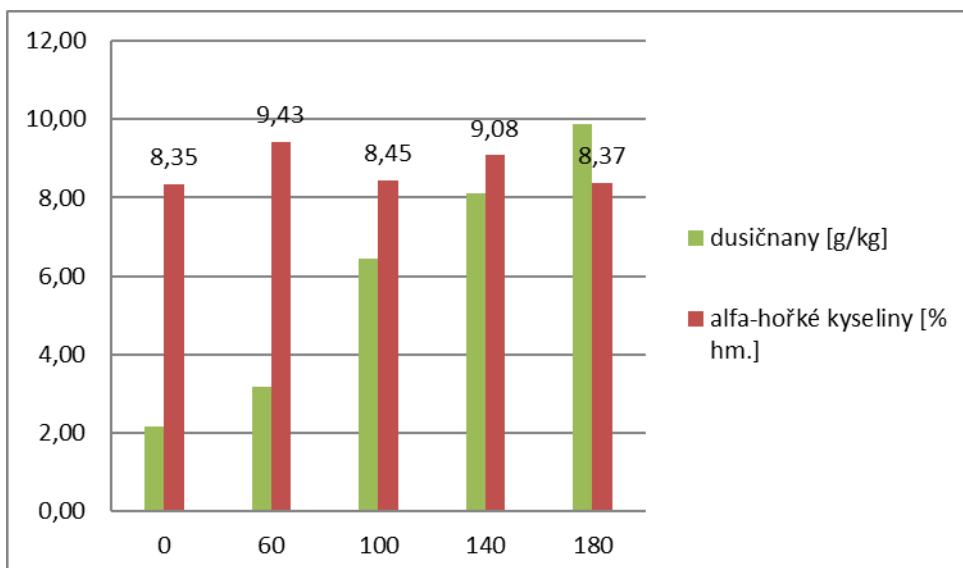
Kvalita hlávek v roce **2017** z hlediska obsahu alfa-hořkých kyselin dosáhla průměrných až mírně podprůměrných hodnot. Významný vliv zde opět sehrály vysoké teploty, které ale nebyly v potřebné míře kompenzovány dostatečnými množství srážek, které by zlepšily mikroklima v porostech. Výsledky jsou tak v porovnání s rokem 2016 mírně horší. Obsah alfa-hořkých kyselin v hlávkách genotypu PG1428 osciloval mezi 3,9 a 4,4 % hm., nejvyšší hodnota byla zjištěna ve variantě 100 (4,39 % hm.), nejnižší ve variantě 60 (3,92 % hm.). Sládek

na nízké konstrukci zaznamenal nejvyšší hodnotu ve variantě 60 (9,43 % hm.) a nejnižší v kontrolní variantě 0 (8,35 % hm.). Sládek na vysoké konstrukci dosáhl vyrovnaných obsahů okolo 6 % hm., nejvíce alfa-hořkých kyselin bylo zjištěno ve variantě 140 (6,17 % hm.) a nejméně ve variantě 100 (5,98 % hm.). Vyšší obsah alfa-hořkých kyselin v hlávkách Sládka na nízké konstrukci oproti Sládkovi na konstrukci vysoké je dán především absencí kapkové zvlahy, kdy odebraný vzorek z nízké konstrukce nedosahoval vlhkosti hlávek z konstrukce vysoké. V žádném z porostů nebyla zjištěna statistická závislost obsahu alfa-hořkých kyselin na úrovni výživy dusíkem.

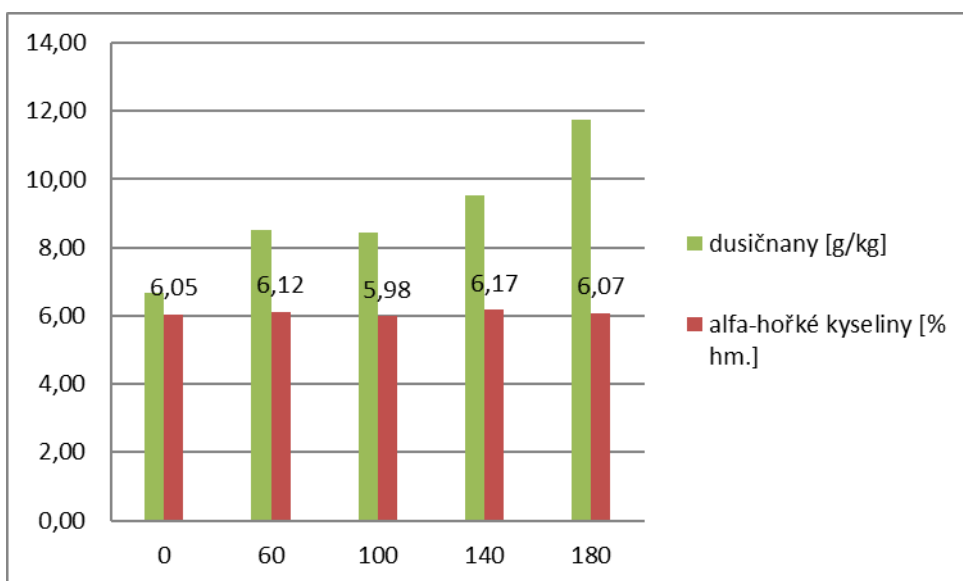
Obsah dusičnanů vykázal podobnou závislost jako v roce 2016, kdy PG1428 zaznamenal nejnižší koncentraci v kontrolní variantě, pouze 2,83 g.kg<sup>-1</sup>. Naopak nejvyšší hodnoty byly zjištěny ve variantě 180, a to 9,47 g.kg<sup>-1</sup>. Sládek na nízké konstrukci dosáhl podobných hodnot, kontrolní varianta obsahovala 2,15 g.kg<sup>-1</sup>, varianta 180 až 9,9 g.kg<sup>-1</sup>. Nejvyšších hodnot opět dosáhl Sládek na vysoké konstrukci, kdy kontrolní varianta již v obsahu dusičnanů poklesla na 6,66 g.kg<sup>-1</sup>, ale varianta 180 stále vykazovala až 11,75 g.kg<sup>-1</sup>. Korelační koeficienty závislosti koncentrace dusičnanů na dávce dusíku pro jednotlivé porosty jsou  $r = 0,98$  shodně pro PG1428 a Sládka na nízké konstrukci, a  $r = 0,95$  pro Sládka na vysoké konstrukci. Získaná data jsou shrnuta v tabulkách č. 80, 81 a 82 v Příloze a znázorněna v grafech 84, 85 a 86.



Graf 84: Vliv stupňovaných dávek dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách PG1428 v roce 2017.



Graf 85: Vliv stupňovaných dávek dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na nízké konstrukci v roce 2017.



Graf 86: Vliv stupňovaných dávek dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na vysoké konstrukci v roce 2017.

### 5.9.1. Shrnutí laboratorních analýz hlávek chmele

Obsah alfa-hořkých kyselin v hlávkách genotypu PG1428 v průběhu sledování výrazně nevybočil z intervalu, ve kterém se běžně pohybuje (4 – 6 % hm.). Nejnížší, a zároveň jediné podprůměrné hodnoty, byly zjištěny v roce 2015, naopak nejvyšší v roce 2016. Průměrných

hodnot okolo 4 % hm. bylo dosaženo v roce 2017. Sládek na nízké konstrukci dosáhl nadprůměrných obsahů v roce 2015, ovšem tehdy zapříčiněného přesušenými hlávkami při odběru na laboratorní analýzy. V následujících letech pak dosahoval obvyklých 7 – 9 % hm., které jsou při pěstování na nízké konstrukci běžné. Sládek na vysoké konstrukci naopak v prvním roce sledování propadl na úroveň mezi 4 a 5 % hm., v následujících letech dosahovaly obsahy průměrných hodnot mezi 6 – 7 % hm. Závislost odstupňovaných dávek dusíku na obsahu alfa-hořkých kyselin ze sledování nevyplývala. Výrazně se projevil vliv genetické predispozice genotypů a ročníků.

## 6. Diskuze

Darby (2004) na začátku nového tisíciletí konstatoval, že pěstování chmele (tehdy především ve Velké Británii) je založené na soutěživosti mezi pěstiteli. Ať už ve vztahu k výnosu nebo k originalitě komodity, o kterou bude mezi pivovary zájem. O více než dekádu později toto tvrzení potvrdil i Glendinning (2016, pers. comm.) při prohlídce porostů a sklizňových technologií v hrabství Hereford a Worcester. S rozmachem „craft breweries“, neboli řemeslných pivovarů (česky spíše mikro/minipivovarů), se zvýšila poptávka po originálních chmelech se specifickou vůní, jelikož každý pivovarník chce vařit piva, která budou nejen kvalitní, ale také zajímavá. Nízké konstrukce jsou z důvodu jednoduchosti, nižší finanční náročnosti na stavbu a obhospodařování, menší náročnosti na lidskou práci, či možnosti rychlé obměny odrůdy ideálním systémem pro vyšlechtění a pěstování minoritních odrůd chmele pro maloodběratele (Darby, 2004) a mají tak značný potenciál právě v době rozmachu řemeslné produkce piva.

Důvodem, proč byl ze všech biogenních prvků vybrán pro sledování parametrů v této disertační práci právě dusík, je fakt, že na jeho koncentraci v půdě reagují rostliny chmele nejcitlivěji a je relativně snadné zajistit dodávky potřebného množství v dostupných formách v polních podmínkách pokusu. Sledované parametry byly vybrány na základě procesů, ve kterých hraje dusík významnou metabolickou roli. Dusík je podstatnou součástí proteinů a enzymů, např. v enzymu Rubisco (ribulosa-1,5-bisfosfát-karboxylasa) je dusík zastoupen z 20 %. Rubisco tvoří 40 % ve vodě rozpustných bílkovin u rostlin skupiny C3 a je určujícím faktorem intenzity fotosyntézy (Košík, 2005). Dalším významným důvodem je, že i v současné době finančně dostupných analýz půdy či biomasy aplikují čeští pěstitelé chmele do půdy zbytečně vysoké dávky dusíku. Tyto dávky se mnohdy neodvíjí od aktuální zásoby

stanovené analýzou půdních vzorků, ale od zkušeností jejich dědů a otců, možná i z každoroční rutiny a zvyku.

### **Vliv vybraných faktorů na hospodářský výnos a kvalitu chmele**

Vzhledem k proměnlivosti průběhu počasí v jednotlivých letech sledování pokusu bylo provedeno statistické šetření dlouhodobých dat z lokality Stekník, které mělo za cíl vyčíslit vliv vybraných vnějších a vnitřních faktorů na tvorbu výnosu a kvalitu chmele. Analýzou dat čtyř nejpěstovanějších českých odrůd (Žatecký poloraný červeňák, Sládek, Premiant, Agnus) byl zjištěn negativní vliv vysokých teplot v květnu a nízkých srážek v červnu a první polovině srpna na hospodářský výnos Žateckého poloraného červeňáku. Podobných zjištění dosáhly Črepinšek a Čeh (2018) při vyhodnocování dat u odrůd Aurora a Savinjski golding, ale i v předchozí studii u odrůdy Celeia (Črepinšek a Čeh, 2016).

Výnos hybridních odrůd vykázal negativní korelaci se zvyšující se teplotou v červenci a srpnu v porostech bez závlahy. Zavlažované porosty ovlivněny nebyly, neboť závlaha je schopna korigovat (snížit) teplotu v porostu až o 5 °C (Kopecký a kol., 2008). Je zřejmé, že negativní efekt vysokých teplot je problémem i při pěstování zakrslých odrůd, za prvé z důvodu jiného genetického původu, který je přizpůsobený jiným klimatickým podmínkám (české zakrslé odrůdy vycházejí především z anglických odrůd adaptovaných na oceánské klima), za druhé kvůli architektuře porostu, kdy 3 m vysoké vertikální stěny neposkytují zastínění (tj. snížení teploty regulací ozáření) spodnímu patru porostu.

Jednoznačně prokazatelný negativní vliv na obsah alfa-hořkých kyselin mají vysoké teploty. Byla zjištěna negativní korelace jak s průměrnými měsíčními teplotami v červenci a srpnu, tak s počtem dní s teplotami nad 30 °C a sumou teplot. Toto zjištění potvrzuje dříve publikované závěry Možného a kol. (2009), Kučery a Krofity (2009), Pavloviče a kol. (2012) a dalších autorů. Přímý pozitivní ani negativní vliv závlahy na obsah alfa-hořkých kyselin nebyl prokázán, ovšem míra poklesu se zvyšující se teplotou byla u zavlažovaných porostů pozvolnější z důvodu kompenzace vysokých teplot závlahou.

### **Měření SPAD**

Měřením SPAD hodnot bylo ve všech letech i termínech sledování zjištěno, že nejvyšších hodnot dosahovaly rostliny hnojené nejvyššími dávkami dusíku. Prokázala se jasně zřetelná korelace mezi dodanou dávkou minerálního dusíku a hodnotou SPAD. Xiong a kol. (2015) konstatují závislost mezi SPAD jednotkami a obsahem chlorofylů v listech, stejně jako obsahem dusíku. Dále konstatují, že závislost obsahu chlorofylu na hodnotě SPAD není

lineární, jak bylo dříve uváděno, ale se zvyšující se hodnotou SPAD se obsah chlorofylů zvyšuje pomaleji. Stejných zjištění dosáhli i Vieira Silva a kol. (2016).

Byl také zaznamenán vliv odrůdy a způsobu pěstování na hodnotu chlorofylových jednotek, který potvrzuje i Pokorný (2011). Sládek na vysoké konstrukci vykazoval o cca 10 jednotek vyšší hodnoty než PG1428 či Sládek na nízké konstrukci. Rozdíl mezi PG1428 a Sládkem lze přičíst rozdílnému genetickému základu. Jelikož je patrné, že hodnota SPAD se zvyšuje v průběhu vegetace, lze rozdíl mezi Sládkem na vysoké a nízké konstrukci přičíst významnému oddálení počátku tvorby nadzemní biomasy, kdy rostliny Sládka na nízké konstrukci byly řezány v průměru o téměř dva měsíce později než Sládek na konstrukci vysoké, jejich fenologické fáze se tak v daných termínech měření neshodovaly.

### **Rychlost fotosyntézy**

Zaznamenaný průběh rychlosti fotosyntézy v průběhu vegetace odpovídá zjištění Hejnáka a kol. (2014), kdy se s ontogenezí zvyšuje až do fáze dozrávání. Sledováním vlivu množství dodaného minerálního dusíku na rychlost fotosyntézy a transpirace chmele byl zjištěn nejen vliv stupňovaných dávek N, ale také faktor průběhu počasí. Bylo patrné, že se zvyšující se dávkou dusíku se zrychlovala rychlost fotosyntézy, jak potvrzují Field a Mooney (1986), Evans (1989), Cechin a de Fátima Fumis (2004) či Štranc a kol. (2012), ovšem ne lineárně. Od dávky 100 kg N.ha<sup>-1</sup> již nebyl nárůst rychlosti fotosyntézy tak významný, což se projevilo i v úrovni hospodářského výnosu. V jednotlivých letech pokusu se v závislosti na průběhu počasí měnila průměrná rychlost fotosyntézy ve srovnatelných termínech měření. Nejvyšších průměrných hodnot rychlosti fotosyntézy bylo dosaženo v roce 2015, který se vyznačoval nadprůměrně vysokými teplotami a nerovnoměrně rozloženými srážkami v průběhu června až srpna. Z důvodu poruchy přístroje bohužel nebyla měřením postihnuta přibližně měsíc dlouhá perioda s minimem srážek a nadprůměrně vysokými teplotami, která znamenala masivní poškození (uschnutí) nadzemní biomasy v době kvetení a hlávkování. Nejnižší průměrné hodnoty byly zaznamenány v roce 2017, který byl teplotně i srážkově normální. Bylo zjištěno, že genotyp PG1428 dosahuje vysokých rychlostí fotosyntézy v podmínkách nadprůměrných teplot při dostatečném množství srážek. S poklesem teploty rychlost fotosyntézy klesá i při dostatečných srážkách. Lze konstatovat, že PG1428 potřebuje pro dosažení nejvyššího asimilačního potenciálu vysokou intenzitou ozáření (související s nadprůměrnými teplotami) a alespoň průměrné množství srážek, v lepším případě s využitím závlahy.

## Rychlost transpirace

Rychlost transpirace se v průběhu sledování pohybovala v rozmezí 1,5 – 2,5 mmol H<sub>2</sub>O.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> napříč variantami. Obecně vyšší hodnoty transpirace vykazovaly rostliny variant s vyššími dávkami dusíku (140, 180), v roce 2017 byly všechny varianty vyrovnané. Shimshi (1970) nádobovým pokusem u fazolu (*Phaseolus vulgaris* L.) zjistil, že rostliny dobře živěné dusíkem více otevírají a účinněji zavírají stomata než rostliny s dusíkovou deficiencí. Dále konstatuje, že rostliny hnojené dusíkem transpirují do přibližně 14 % půdní vlhkosti podobně rychle jako rostliny nehnojené. Se zvyšující se vlhkostí půdy však hnojené rostliny transpirují výrazně rychleji než rostliny nehnojené. Lze předpokládat, že podobný princip vývoje rychlosti transpirace v závislosti na vlhkosti půdy funguje i u dalších rostlin včetně chmele. Pokorný (2011) uvádí, že rychlost transpirace v průběhu ontogeneze klesá. Měřením v rámci této disertační práce bylo zjištěno, že rychlost transpirace měla stoupající tendenci až do poloviny července, kdy začala její rychlost s vyzráváním hlávek klesat. Stejného závěru dosáhli Hejnák a kol. (2014), kteří sledovali rychlost transpirace Žateckého poloraného červeňáku v průběhu ontogeneze od BBCH 21–29 do BBCH 81–89. Nejvyšší rychlost transpirace zaznamenali při BBCH 61–69, tj. kvetení, po kterém začala klesat.

## Fotosyntetická účinnost využití vody (WUE)

Podílem rychlosti fotosyntézy a rychlosti transpirace byla pro jednotlivá měření vypočtena fotosyntetická účinnost využití vody (WUE). Obecně lze říci, že z dosažených výsledků vyplývá závislost WUE na dodané dávce dusíku a meziročně také na průběhu počasí během vegetace. V roce 2015 dosáhly nejvyšší účinnosti využití vody rostliny málo hnojených variant, v roce 2016 rostliny variant 100 a 140 a v roce 2017 rostliny varianty s nejvyšší dávkou dusíku. Lze konstatovat, že v letech s dostatečným množstvím srážek a normálními teplotami využívají vodu efektivněji rostliny dobře živěné, které mají předpoklad vyššího hospodářského výnosu vzhledem k živinovému stavu a podmínkám prostředí. V letech se stresovými podmínkami, způsobenými nadprůměrnými teplotami a nerovnoměrně rozloženými (nebo nedostatečnými) srážkami, jsou efektivnější rostliny hnojené méně.

Kolenc a kol. (2016) sledovali vybrané fyziologické parametry včetně WUE v nádobových pokusech u dvou slovinských odrůd chmele, Aurora a Savinjski golding. Zjistili, že nejvyšší účinnosti využití vody dosáhly obě odrůdy při obsahu půdní vody 20 – 30 %. Při obsahu vody vyšším než 30 % se snížila WUE o přibližně 50 %, při obsahu 10 – 20 % se snížila o cca 20 – 30 %. Arnau a kol. (1997) pozorovali v podmínkách vodního stresu zvýšení



fotosyntetické WUE ječmene (*Hordeum vulgare* L.), což příkládají rostoucí efektivitě karboxylačních procesů. Obdobných výsledků dosáhla Dušková (2009). Lze předpokládat, že genotypy introdukované do podmínek českých chmelařských oblastí s genetickým podílem amerických, australských, jihoafrických či anglických odrůd chmele, budou pro efektivní tvorbu výnosu vyžadovat rozdílné podmínky než český standard, tedy Žatecký poloraný červeňák. Jak je statisticky prokázáno v kapitole 5.1, hybridní odrůdy mají vyšší výnosový potenciál, ale svědčí jim mírně vyšší průměrné teploty (Agnus), a především vyžadují více vláhy v době kvetení a hlávkování (Premiant a Sládek). Cernusak a kol. (2011) zjistili, že WUE má u jimi sledovaných druhů silnější pozitivní korelaci s poměrem N:P než se samotným obsahem dusíku v sušině listů. Jelikož ale nebyl obsah fosforu sledován, nelze toto tvrzení ověřit u chmele.

### **Vliv dávky dusíku na nástup vegetačních fází chmele**

Sledování nástupu vybraných fenofází chmele potvrdilo předchozí zjištění Kořena (2007), že vyšší dávky dusíku stimulují u rostlin vegetativní růst, zvětšování objemu biomasy, ale oddalují nástup generativních fází a v důsledku tak oddalují technologickou zralost hlávek. Rozdíl v době hlávkování mezi variantami kontrolními a variantami s nejvyšší dávkou dusíku byl v průběhu sledování čtyři až sedm dní.

### **Půdní analýzy**

Analyzováním obsahu minerálního ( $N_{\min}$ ) a potenciálně přístupného dusíku ( $N_{PP}$ ) v půdě je možné potvrdit, že obsah  $N_{\min}$  podléhá změně v průběhu každého ročníku (Balík a kol., 2012), kdy po zimní, relativně stabilní a nízké hodnotě, vzrůstá díky oteplování půdy činnost mikroorganismů a obsah se díky mineralizaci snadno rozložitelných organických látek zvýší na tzv. jarní maximum. To je reprezentované druhým odběrem v průběhu května. Poté se obsah se zvyšujícím se odběrem rostlinami snižuje na tzv. letní minimum (které nebylo v rámci pokusu postihnuto) a poté opět mírně stoupá na tzv. podzimní maximum v důsledku snížení odběru po sklizni a mineralizací organické hmoty (třetí odběr po sklizni). Tu v nízkých konstrukcích představovalo především ozelenění meziřadí (trvalý travní porost) a biomasa plevelů, které se (především) v hnojených variantách pravidelně vyskytly. V půdě vysoké konstrukce to byl hnůj nepříhodně aplikovaný před začátkem pokusu. Obsah potenciálně přístupného (lehce mineralizovatelného) dusíku se v průběhu pokusu téměř neměnil u kontrolních variant na nízkých konstrukcích, které byly v důsledku extenzivity obhospodařování v předchozích letech na dusík již dostatečně chudé. V hnojených variantách

se jeho obsah zvyšoval, pravděpodobně v důsledku vyšší produkce biomasy travního porostu a podpory mikrobiální aktivity v půdě (Balík a kol., 2012). Opačný efekt byl zaznamenán v půdě intenzivně hnojené vysoké konstrukce, kde vyšší dávky minerálního dusíku znamenaly mírný pokles obsahu mineralizovatelných forem dusíku, pravděpodobně z důvodu snížení obsahu mikrobiální biomasy půdy (Kubát a kol., 1999) v důsledku absence významného množství rozložitelné biomasy (trávy, plevelů, jejich kořenů atp.) v porovnání se zatravněnými nízkými konstrukcemi.

### **Analýzy listů**

Ze sledování obsahu dusíku v sušině listů vyplynulo, že listy Sládka na vysoké konstrukci vykazovaly nejvyšší obsahy dusíku vždy v prvním odběru počátkem června, s postupem ontogeneze se jeho obsah v révových listech snižoval. Jelikož je dusík velmi mobilním prvkem, který rostlina postupně relokuje ze starších do nejmladších částí (Vaněk a kol., 2016), byl patrný pokles jeho obsahu právě v révových listech spodního patra porostu. Listy PG1428 obsahovaly nejvíce dusíku spíše na přelomu června a července, což je způsobeno pozdějším počátkem tvorby nadzemní biomasy u porostů na nízké konstrukci. Ve všech letech byl pozorován pokles o cca 1 – 1,5 % N v průběhu vegetace bez ohledu na variantu. Rozdíl mezi kontrolní variantou a variantou s nejvyšší aplikovanou dávkou minerálního dusíku se u PG1428 pohyboval mezi 0,4 – 0,8 % N. Je překvapivé, že i po třech letech pokusu nebyl u kontrolní varianty zaznamenán výrazný propad v obsahu dusíku v listech PG1428, znatelnější rozdíl byl zjištěn u Sládka na nízké konstrukci, kde se rozdíl mezi obsahem dusíku v listech kontrolní varianty a varianty 180 pohyboval mezi 0,2 % N v prvním roce sledování a 1,5 % N v posledním roce pokusu. Tak výrazný rozdíl v posledním roce pokusu ale nebyl způsoben propadem obsahu dusíku v kontrolní variantě (byl téměř shodný s rokem 2016), nýbrž vyšším obsahem u hnojených variant než v předchozích letech, který byl pravděpodobně způsoben vhodnějšími podmínkami pro příjem živin rostlinou v roce 2017.

### **Vliv dávky dusíku na hospodářský výnos**

Úroveň hospodářského výnosu PG1428 byla v pozitivní korelaci s dávkou dusíku jen v roce 2016, kdy kontrolní varianta dosáhla teoretického výnosu 1,27 t.ha<sup>-1</sup> a nejvyšších výnosů varianty 140 a 180 (1,71 t.ha<sup>-1</sup>, resp. 1,64 t.ha<sup>-1</sup>). V roce 2017 byl nejvyšší výnos zaznamenán u varianty 100 (1,4 t.ha<sup>-1</sup>), nejnižší u kontrolní varianty (1,14 t.ha<sup>-1</sup>), ovšem mezi variantami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. V roce 2015 ke sklizni PG1428 nedošlo. Získaná data naznačují, že ve velmi příznivém roce 2016 dokázal PG1428 velmi dobře využít dodaný dusík

ke tvorbě výnosu, napříč variantami byl zjištěn i velmi dobrý poměr mezi hmotností hlávek a nadzemní biomasy (0,396 – 0,423). Rok 2017 byl spíše průměrný a dosažený teoretický výnos víceméně odpovídá zjištěním ze šlechtitelských pokusů Nesvadby (2016). Bylo zjištěno, že v podmínkách normálního průběhu vegetační sezony je dávka 140 či 180 kg N.ha<sup>-1</sup> neefektivní a vede ke zhoršení poměru hlávek ku vegetativní biomase téměř na úroveň kontrolní varianty.

### **Vliv rychlosti fotosyntézy na hospodářský výnos**

Vliv rychlosti fotosyntézy na hospodářský výnos PG1428 byl z výše popsaných důvodů sledován jen v letech 2016 a 2017. V roce 2016 byla zjištěna silná závislost  $r = 0,987$ , koeficient determinace  $r^2 = 0,975$ , v roce 2017 pouze  $r = 0,602$ ,  $r^2 = 0,363$ . V pokusu prováděném v rámci diplomové práce nezjistil Donner (2014) závislost výnosu na rychlosti fotosyntézy mezi ročníky. Zaznamenal však závislost v rámci každého z ročníků. Vliv rychlosti fotosyntézy na hospodářský výnos byl sledován i u jiných plodin. Gaju a kol. (2016) sledovali 15 odrůd pšenice (*Triticum* sp.) a uvádí  $r^2 = 0,75$  při měření praporcového listu před metáním a  $r^2 = 0,76$  po metání. Dordas a Sioulas (2008) zaznamenali vliv rychlosti fotosyntézy u dvou genotypů safloru/světlice barvířské (*Carthamus tinctorius* L.) s pozitivní korelací  $r = 0,466$ ,  $p < 0,01$ . Efthimiadou a kol. (2010) sledovali fyziologické parametry u listů kukuřice cukrové (*Zea mays* L. *saccharata*) a taktéž potvrdili pozitivní korelaci rychlosti fotosyntézy a hospodářského výnosu.

### **Vliv dávky dusíku na obsah alfa-hořkých kyselin**

Obsah alfa-hořkých kyselin v hlávkách PG1428 byl nejvyšší při nižších až středních dávkách dusíku, vyjma atypického roku 2015. Štranc a kol. (2012) potvrzují, že se zvyšující se dávkou dusíku se narušuje tvorba hořkých látek a zhoršují se organoleptické vlastnosti hlávek. V žádném ze sledovaných let nebyla zjištěna přímá závislost obsahu alfa-hořkých kyselin na aplikované dávce dusíku. Potvrdilo se, že tvorba hořkých látek je více ovlivněna jinými vlivy, především průběhem počasí v červenci a v první polovině srpna (Krofta a kol., 2010). Podobných výsledků dosáhli Pavlovič a kol. (2012), kteří sledovali vliv různých povětrnostních vlivů na tvorbu alfa-hořkých kyselin u odrůdy Aurora ve Slovinsku. Zaznamenali negativní korelaci mezi průměrnou teplotou a obsahem alfa-hořkých kyselin  $r = -0,87$ ,  $p < 0,01$  v červenci a  $r = -0,84$ ,  $p < 0,01$  v periodě červen až červenec. Nadprůměrně vysoké teploty, které panovaly v období druhé dekády července až do sklizně v roce 2015, které zároveň nebyly kompenzovány alespoň průměrným množstvím srážek, znamenaly významný propad v obsahu

alfa-hořkých kyselin v porovnání s dlouhodobým průměrem jak u Sládka (4 – 5 % hm.), tak u PG1428 (3,5 – 4 % hm.). Ve vegetačně příznivých letech 2016 a 2017 byly obsahy průměrné.

### **Vliv dávky dusíku na obsah dusičnanů v hlávkách**

Dusičnany nejsou v nízkých koncentracích a neredukujícím prostředí pro člověka škodlivé. V pivovarnictví je však jejich negativní vliv spojen s mikrobiální redukcí na dusitany a rizikem tvorby N-nitrosaminů, které mají karcinogenní účinky. Jelikož nejsou pro rostlinu toxické, mohou se v jejím těle hromadit, u chmele především v hlávkách, kde mohou být při standardní úrovni dusíkaté výživy v obsahu 5 – 15 g.kg<sup>-1</sup> (Krofta, 2008). Vyšší tendenci ke kumulaci nitrátů v hlávkách mají aromatické odrůdy (Krofta a kol., 2008). Za zvýšenou hladinu se považují obsahy nitrátů vyšší než 10 g.kg<sup>-1</sup>, což je i hranice, kterou některé pivovary využívají jako kvalitativní parametr nákupu chmele (Krofta, 2008). Obsahy dusičnanů v hlávkách chmele korelovaly s dodanou dávkou minerálního dusíku. Pohybovaly se od 1 – 3 g.kg<sup>-1</sup> u kontrolních variant nízkých konstrukcí až po 10,5 g.kg<sup>-1</sup> u varianty s nejvyšší dávkou dusíku. Při dávce 180 kg N.ha<sup>-1</sup> se již obsah dusičnanů přibližoval ke hranici 10 g.kg<sup>-1</sup>. Chmel z intenzivně hnojené vysoké konstrukce vykazoval i po třech letech od přerušení minerální dusíkaté výživy obsah dusičnanů vyšší než 6 g.kg<sup>-1</sup> u kontrolní varianty, ve variantě s nejvyšší dávkou se obsahy pohybovaly mezi 12 – 13 g.kg<sup>-1</sup>.

### **Praktická zjištění z průběhu pokusu**

V průběhu pokusu, který se časově částečně překrýval i s průběhem registračních zkoušek ÚKZÚZ, byly zaznamenány některé negativní pěstitelské vlastnosti genotypu PG1428. Podobně jako starší, již registrované zahraniční zakrslé odrůdy (Turner a kol., 2011), je i PG1428 náchylnější k napadení houbovými chorobami. Je tedy nutné důkladněji sledovat zdravotní stav porostu a provádět včasné aplikace přípravků na ochranu rostlin.

Negativní vlastností projevující se ve sklizni je náchylnost hlávek k rozplevení (mechanickému poškození, rozpadu struktury hlávky). Krycí listy nejsou přisedlé, hlávka i v době zralosti není plně uzavřená, což zvyšuje sklizňové ztráty a snižuje kvalitu výsledného produktu. I přes pěstitelské negativní vlastnosti je stále nejdůležitějším kritériem úspěšnosti chmele jeho projev v pivu. V degustačních zkouškách nebyl PG1428 v pivu výrazný, ačkoliv se projevil příjemnou hořkostí. Významným negativním faktorem byla také nestabilita hospodářského výnosu v průběhu let a PG1428 tak byl nakonec z registračních pokusů vyřazen, tedy z něj nevzešla registrovaná odrůda (Nesvadba a kol., 2018).

## Ekonomické zhodnocení variant

Na základě výnosových výsledků byl zhodnocen ekonomický dopad aplikace dusíku na porost PG1428 dle jednotlivých variant. K výpočtu byl použit průměrný výnos dosažený v letech 2016 – 2017, při rozdělení dávek dusíku 1:1 a aplikaci síranu amonného při ceně 5 500 Kč.t<sup>-1</sup> a ledku amonného s vápencem při ceně 5 400 Kč.t<sup>-1</sup>. Aplikační náklady jsou vyčísleny na 310 Kč.ha<sup>-1</sup>, tj. 620 Kč.ha<sup>-1</sup> při dvou aplikacích. Kalkulace je provedena na výkupní cenu 210 000 Kč.t<sup>-1</sup> suchého chmele. Na základě tohoto výpočtu (viz tabulka 58) se jako nejvýhodnější jeví varianty s dávkami 100 a 140 kg N.ha<sup>-1</sup>, které znamenaly navýšení čistého zisku o 60 070 Kč, resp. 55 998 Kč oproti kontrole.

Tab. 58: Ekonomické zhodnocení jednotlivých variant pokusu.

Varianta	0	60	100	140	180
Průměrný výnos [t.ha <sup>-1</sup> ]	1,21	1,30	1,51	1,49	1,47
Příjmy z 1 ha [Kč]	253 050	271 950	316 050	312 900	307 650
Náklady na aplikaci N [Kč]	0	2 006	2 930	3 853	4 777
Příjmy očištěné o náklady na aplikaci N [Kč]	253 050	269 944	313 120	309 047	302 873
Čistý zisk zvýšením výnosu oproti kontrole [Kč]	0	+16 894	+60 070	+55 998	+49 823

## 7. Závěry, stanovisko k hypotézám

Pěstování chmele na nízkých konstrukcích je technologií známou od roku 1977, v ČR je po pionýrských pokusech z 90. let 20. století znovu využívána od roku 2007, i když v současné době jsou její plochy velmi malé. Cílem práce bylo mimo jiné porovnat jednotlivé varianty výživy a stanovit optimální dávku N pro nové genotypy odrůd vhodných pro nízké konstrukce. Ačkoliv nemohou být zjištěné poznatky aplikovány v praxi na odrůdě vzešlé registrací genotypu PG1428, lze z výsledků odvodit závislosti, které mohou být všeobecně platné při pěstování chmele na nízkých konstrukcích.

Měřením fyziologických parametrů chmele bylo prokázáno, že se zvyšující se dávkou dusíku se zvyšuje i rychlost fotosyntézy a za vhodných vláhových podmínek i rychlost transpirace. Díky patrnému vlivu ročníku na fyziologické procesy chmele je možné konstatovat, že za optimálních pěstitelských podmínek jsou rostliny variant intenzivně

hnojených dusíkem efektivnější v hospodaření s vodou, v ročnících s horšími vláhovými podmínkami pak rostliny hnojené nižšími dávkami dusíku.

Byla prokázána závislost hodnoty SPAD na obsahu dusíku v listech, hodnotu však nelze bez dalších informací použít pro kvantifikaci dávky dusíku pro přihnojení ve vegetaci. Stejně tak nelze použít měření rychlosti fotosyntézy pro odhad úrovně výnosu. Jak bylo zjištěno, lze porovnávat varianty v rámci ročníku, ne však mezi nimi. Porost může dosáhnout vyššího hospodářského výnosu v roce, ve kterém byla průměrná rychlost fotosyntézy nižší než v roce s vyšší rychlostí fotosyntézy. Z praktického hlediska tak nemá toto sledování pro agronoma význam.

Se zvyšujícími se dávkami dusíku došlo u PG1428 k oddálení kvetení a zrání. Dávky 140 a 180 kg N.ha<sup>-1</sup> měly převážně negativní vliv na tvorbu alfa-hořkých kyselin (ačkoliv vliv dávek dusíku byl statisticky prokázán pouze v roce 2016). Takto vysoké dávky hnojiv neměly ani významný pozitivní efekt na tvorbu hospodářského výnosu, kdy se zhoršil poměr mezi vegetativní částí biomasy a hlávkami a výnos buď vzrostl nepatrně nebo vůbec. Výrazně se však zhoršila kvalita hlávek z pohledu obsahu dusičnanů, ačkoliv nepřekročil doporučenou kvalitativní mez pro výkup chmele pivovary.

Z ekonomického a agronomického hlediska dává největší smysl při očekávaném průměrném výnosu 1,3 – 1,5 t.ha<sup>-1</sup> používání dávek dusíku mezi 100 – 140 kg.ha<sup>-1</sup>. V porovnání s běžně aplikovanými dávkami dusíku ve vysokých konstrukcích je možné uvažovat o snížení potřeby dusíku o 20 – 40 %. K dalšímu řešení je otázka jeho dávkování, formy a termínů aplikace.

#### Stanovisko k výzkumným hypotézám

1) Úroveň výživy dusíkem ovlivňuje nástup vegetačních projevů chmele i nových odrůd vhodných pro nízké konstrukce.

- Hypotéza přijata: dávky 140 a 180 kg N.ha<sup>-1</sup> vedly k opoždění nástupu generativních fází PG1428

2) S vyšší úrovní výživy dusíkem se zvyšuje hodnota SPAD a rychlost fotosyntézy listů chmele.

- Hypotéza přijata

3) Rychlost fotosyntézy nového genotypu chmele je v přímé úměře k hospodářskému výnosu chmele.

- Hypotéza přijata částečně: rychlost fotosyntézy PG1428 je sice v korelaci s hospodářským výnosem, ale jen je-li porovnávána v rámci konkrétního ročníku na konkrétním stanovišti v rámci jednoho porostu ovlivněného stejnými faktory (stáří, odrůda, termín řezu atp.), případně je-li vztažena k vybranému faktoru, který má na výnos přímý vliv, např. úroveň výživy dusíkem. Při porovnávání různých porostů v různých lokalitách, případně mezi ročníky, je hypotéza neplatná.

4) Úroveň výživy dusíkem ovlivňuje nasazení hlávek a tím i hospodářský výnos chmele na nízké konstrukci.

- Hypotéza přijata

5) Vhodnou úrovní výživy dusíkem lze zvýšit kvalitu chmelových hlávek (HPLC, stanovení dusičnanů).

- Hypotéza přijata: při zvolení optimální dávky dusíku lze docílit kompromisu mezi dostatečným hospodářským výnosem a kvalitou hlávek. Se zvyšující se dávkou dusíku se zvyšuje obsah dusičnanů v hlávkách, při aplikaci příliš vysokých dávek se zhoršuje tvorba alfa-hořkých kyselin a snižuje se jejich obsah.

## **8. Praktické poznatky, doporučení pro praxi a budoucí výzkum**

Z pohledu praktického lze shrnout výhody a nevýhody pěstování chmele se zatravněným meziřadím. Nespornou výhodou je jeho snadná údržba (mulčování), úspora nákladů na kultivaci, udržování mikroklimatu porostu, vytvoření útočiště pro živočichy, tvorba organické hmoty použitelné jako zelené hnojení a únosnost drnu při pojezdu mechanizace. Nevýhodou je naopak nemožnost zapravení hnojiv kultivací a tím snížení jejich dostupnosti a účinnosti. Tuto nevýhodu lze eliminovat aplikací kapalných forem hnojiv, která je však náročnější. Jako optimální řešení se jeví využití fertigace neboli hnojivé závlahy, která dokáže pokrýt jak potřebu dodávky vody, tak cílenou efektivní výživu v dostupné formě přímo do kořenové zóny rostlin. Toto téma je v současnosti okrajově řešeno pro chmel na vysokých konstrukcích a je zde prostor pro jeho ověření u konstrukcí nízkých.

Dále je potřeba zmínit několik dalších negativních vlastností, které s sebou tento systém přináší. První z nich je přítomnost postranních výhonů, které by byly při standardním zavádění na vysoké konstrukci pracovníky odstraněny. Jelikož je při pěstování chmele na nízké konstrukci využíváno samozavádění, je potřeba přebytečné výhony odstranit. Buďto chemicky

nebo mechanicky. S defoliací/spálením spodního patra porostu souvisí i další problém, a tím je masivní výskyt jednoděložných i dvouděložných plevelů v prostoru chmelového řádu u intenzivně hnojených variant. Jelikož není možné mechanicky (řezem či kultivací) plevele odstranit, je nutné řešit jejich přítomnost buď spálením chemicky, termicky plamenem nebo horkou vodou, aniž by došlo k poškození chmele. V tomto ohledu není zatím optimální řešení cílené na nízkou konstrukci dostupné.

Dalším významným problémem je okus apikálních částí rév zvěří v době dlouhivého růstu. Jelikož zakrslé odrůdy nevykazují tak rychlý dlouhivý růst jako odrůdy standardní, zůstávají vzrostné vrcholy mnohem déle v dosahu zvěře, která je velmi ráda konzumuje. Tím dochází k narušení apikální dominance, větvení révy a opoždění růstu. Ze známých metod ochrany (různé typy senzorických odpuzovačů) není žádná dostatečně účinná. Jedinou spolehlivou ochranou je oplocení pozemku.

Ve vztahu ke konstrukcím je potřeba zaměřit pozornost především na dva faktory. V provozu se využívá jako opory pro vinutí rév sítě z plastových materiálů (polypropylen atp.), které jsou po uplynutí jejich životnosti (ztráta pevnosti stářím materiálu, potrhání mechanizací, 3 – 5 let provozu) společně se zavinitými révami z konstrukce odstraněny a nahrazeny novými. Není však vyřešena jejich ekologická likvidace a je tak nasnadě snažit se najít materiál, který by byl pro tento účel z ekologického hlediska vhodnější. Z pohledu pěstitelského je potřeba pro registrované odrůdy najít optimální výšku uchycení spodní části sítě tak, aby se samozaváděl vhodný počet rév, tj. 5 – 7. Při větším počtu zavedených rév dochází k přílišnému zastínění stěny vegetativní biomasou, nadměrnému vyčerpávání kořenového systému a v konečném důsledku ke snížení výnosu. Při nižším počtu zavedených rév je důvod snížení výnosu zřejmý. Zkušenosti z Velké Británie uvádí, že pro anglické odrůdy se optimální výška uchycení pohybuje mezi 20 – 30 cm nad povrchem půdy. V pokusech také zatím nebyl podrobně řešen spon rostlin (především jejich vzdálenost v řádku) pro dosažení optimálního prosvětlení porostu a hospodářského výnosu.

Ačkoliv již máme v ČR registrované odrůdy (Blues, Country, Jazz), zpracovanou obecnou agrotechniku pěstování chmele na nízkých konstrukcích, známe a máme dostupné sklizňové technologie, zůstává největším úkolem prosadit chmel z nízkých konstrukcí do pivovarnické praxe, ukázat pěstitelům jeho perspektivu a navnadit je k jeho vysazení a pěstování. Konzervativní smýšlení, kterým se liší čeští chmelaři od svých oportunistických anglických kolegů, vede k pomalejšímu rozvoji nových technologií a přístupů v porovnání se zahraničím.



Zkušenosti z experimentů prováděných v rámci této disertační práce byly zahrnuty do certifikovaných metodik Výstavba, zakládání porostů a agrotechnika chmele pěstovaného v nízké konstrukci (č. 131868/2016) a Sklizeň a separace chmele z nízkých konstrukcí (č. 134739/2016).

## 9. Zdroje

- 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, s. 306 – 312.
- Anonym, 1994. Kvalita piva z hlediska výživy a fyziologie. *Chmelařství*, 10/1994, s. 113. Převzato z *Brauwelt*, 133, 1993, č. 44/45, s. 2265.
- Anonym, 2014. Dwarf Hops, American Dwarf Hop Association (ADHA). [online] Dostupné z <http://adha.us/dwarf-hops>. Cit. 8. 12. 2014.
- Arnau, G., Monneveux, P., This, D., Alegre, L., 1997. Photosynthesis of six barley genotypes as affected by water stress. *Photosynthetica*, 31, s. 67 – 76.
- Balík, J., Černý, J., Kulhánek, M., 2012. Bilance dusíku v zemědělství. Certifikovaná metodika. ČZU, Praha, 40 s.
- Ballantine, K. A., Anderson, T. R., Pierce, E. A., Groffman, P. M., 2017. Restoration of denitrification in agricultural wetlands. *Ecological Engineering*, 106, s. 570 – 577.
- Barborka, V. in Kovařík, M. a kol., 2013. České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Svaz pěstitelů chmele ČR, Chmelařství, Praha, 399 s.
- Barborka, V. in Kovařík, M. a kol., 2014. České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Svaz pěstitelů chmele ČR, Chmelařství, Praha, 332 s.
- Barborka, V. in Kovařík, M. a kol., 2015. České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Svaz pěstitelů chmele ČR, Chmelařství, Praha, 387 s.
- Barborka, V. in Kovařík, M. a kol., 2016. České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Svaz pěstitelů chmele ČR, Chmelařství, Praha, 376 s.
- Barborka, V. in Kovařík, M. a kol., 2017. České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Svaz pěstitelů chmele ČR, Chmelařství, Praha, 391 s.
- Barborka, V. in Kovařík, M. a kol., 2018. České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Svaz pěstitelů chmele ČR, Chmelařství, Praha, 495 s.

- Barborka, V. in Kovařík, M. a kol., 2019. České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Svaz pěstitelů chmele ČR, Chmelařství, Praha, 443 s.
- Barborka, V. in Kovařík, M. a kol., 2020. České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Svaz pěstitelů chmele ČR, Chmelařství, Praha, 449 s.
- Bavec, F., Čeh Brežnik, B., Brežnik, M., 2003. Hop yield evaluation depending on experimental plot area under different nitrogen management. *Plant, Soil and Environment*, s. 163 – 167.
- Berninger, F., 1994. Simulated irradiance and temperature estimates as a possible source of bias in the simulation of photosynthesis. *Agricultural and Forest Meteorology*, 71, s. 19 – 32.
- Bremner, J. M., 1965 in Vaněk, V., Balík, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha, 220 s.
- Cechin, I., de Fátima Fumis, T., 2004. Effect of Nitrogen Supply on Growth and Photosynthesis of Sunflower Plants Grown in the Greenhouse. *Plant Science*, 166, s. 1379 – 1385.
- Cernusak, L. A., Winter, K., Turner, B. L., 2011. Transpiration modulates phosphorus acquisition in tropical tree seedlings. *Tree Physiology*, 31, s. 878–885.
- Čeh, B., Čremožnik, B., 2009. Effect of the stabilized nitrogen fertilizer on the hop yield and its quality compared to calcium amonnitrate. *Hop Bulletin*, 16, s. 23 – 31.
- Čeleda, L., 1993. Výsledky pěstování chmele na nízké konstrukci v USA. *Chmelařství*, 4/1993, s. 47 – 48.
- Čepička, J., 1978. Moderní způsoby využití chmelových pryskyřic. *Kvasný průmysl*, 10/1978, s. 221 – 223.
- Čepička, J., Dostálek, P., 1994. Dusičnany chmele a chmelových výrobků. *Chmelařství*, 4/1994, s. 37 – 39.
- Črepinšek, Z., Čeh, B., 2016. Yield of hop variety Celeia related to weather conditions until the end of July [in Slovenian]. *Hop Bulletin*, 23, s. 14 – 26.
- Črepinšek, Z., Čeh, B., 2018. Dependence of hop yield cv. Aurora and Savinjski Golding on weather conditions until the end of July [in Slovenian]. *Hop Bulletin*, 25, s. 5 – 17.
- 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, s. 248 – 257.

- Darby, P., 2004. Hop Growing in England in the Twenty First Century. Journal of the Royal Agricultural Society of England, 165.
- Donaldson, B.R., Bamforth, Ch.V., Heymann, H., 2012. Sensory Descriptive Analysis and Free-Choice Profiling of Thirteen Hop Varieties as Whole Cones and After Dry Hopping of Beer. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 70, s. 176 – 181.
- Donner, P., 2014. Pěstování chmele v ekologickém zemědělství a posouzení rychlosti fotosyntézy a transpirace listů. Diplomová práce. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU, Praha, 69 s.
- Dordas, Ch. A., Sioulas, Ch., 2008. Safflower Yield, Chlorophyll Content, Photosynthesis and Water Use Efficiency Response to Nitrogen Fertilization Under Rainfed Conditions. Industrial Crops and Products, 27, s. 75 – 85.
- Drozdová, J., 2015. Situační a výhledová zpráva – chmel, pivo. MZe, Praha, 48 s.
- Dušková, S., 2009. Studium adaptačních změn ve fotosyntéze a transpiraci rostlin *Hordeum vulgare* (L.) při vodním stresu. Doktorská disertační práce. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU, Praha, 123 s.
- Efthimiadou, A., Bilalis, D., Karkanis, A., Froud-Williams, B., 2010. Combined organic/inorganic fertilization enhance soil quality and increased yield, photosynthesis and sustainability of sweet maize crop. Australian Journal of Crop Science 4, s. 722 – 729.
- Epron, D., 1997. The temperature dependence of photoinhibition in leaves of *Phaseolus vulgaris* (L.) Influence of CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentrations. Plant Science, 124, s. 1 – 8.
- Evans, J. R., 1989. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C<sub>3</sub> plants. Oecologia, 78. Springer-Verlag, s. 9 – 19.
- Fandiño, M., Olmedo, J.L., Martínez, E.M., Valladares, J., Peredes, P., Rey, B.J., Mota, M., Cancela, J.J., Pereira, L.S., 2015. Assessing and modelling water use and the partition of evapotranspiration of irrigated hop (*Humulus Lupulus*), and relations of transpiration with hops yield and alpha-acids. Industrial Crops and Products, 77, s. 204 – 217.
- Field, C., Mooney, H. A., 1986. The photosynthesis–nitrogen relationship in wild plants, in Givnish, T. J. (Eds.), On the Economy of Plant Form and Function, Cambridge University Press, s. 25–55.
- 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, s. 1109 – 1122.

- Fric, V., Kopecký, J., Beránek, F., 1993. Poznatky s pěstováním chmele na nízké konstrukci. Chmelařství, 3/1993, s. 38 – 39.
- Gaju, O., DeSilva, J., Carvalho, P., Hawkesford, M. J., Griffiths, S., Greenland, A., John Foulkes, M., 2016. Leaf Photosynthesis and Associations with Grain Yield, Biomass and Nitrogen-use Efficiency in Landraces, Synthetic-derived Lines and Cultivars in Wheat. Field Crops Research, 193, s. 1 – 15.
- Glendinning, P., 2011. Výživa dusíkem u chmele pěstovaného na nízkých konstrukcích. Nízké konstrukce a výživa chmele – Sborník přednášek ze semináře konaného dne 15. 2. 2011. Chmelařský institut, s.r.o., Žatec, s. 12 – 19.
- Glendinning, P., 2016. Pers. comm., 20. 7.
- Gunn, R. E., Darby, P., 1994. Zakrslé chmele. Chmelařství, 8–9/1994, s. 99 – 101.
- Hall, D. O., Rao, K. K., 1999. Photosynthesis. Cambridge University Press, Cambridge, 214 s.
- Hejnák, V., Hniličková, H., Hnilička, F., 2014. Effect of Ontogeny, Heterophylly and Leaf Position on the Gas Exchange of the Hop Plant. Plant, Soil and Environment, 60, s. 525 – 530.
- Hniličková, H., Hejnák, V., Hnilička, F., 2001. Studium fotosyntetického procesu u chmele. Chmelařství, 4/2001, s. 69 – 70.
- Hniličková, H., Hnilička, F., 2003. Fyziologie rostlin v kostce: Minerální výživa rostlin. Chmelařství, 6–8/2003, s. 74 – 75.
- Hniličková, H., Hnilička, F., 2008. Stanovení saturační ozářenosti a fotosyntetické kapacity vybraných odrůd chmele. Chmelařství, 1–2/2008, s. 1 – 4.
- Hniličková, H., Novák, V., 1999. Fotosyntetická akumulace energie u chmele. Chmelařství, 3/1999, s. 38 – 39.
- Hofta, P., Dostálek, P., Basařová, G., 2004. Xanthohumol – chmelová pryskyřice nebo polyfenoly? Chemické listy, 98, s. 825 – 830.
- Ježek, J., 2013a. Produkční schopnost chmele pěstovaného na nízkých konstrukcích. Doktorská disertační práce. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU, Praha. 150 s.
- Ježek, J., 2013b. Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2013. Projekt Výzkum a vývoj technologie a strojů pro pěstování chmele na nízkých konstrukcích. Chmelařský institut, s.r.o., Žatec.
- Ježek, J., Klapal, I., Krofta, K., Nesvadba, V., Patzak, J., Pokorný, J., Svoboda, P., Veselý, F., Vostřel, J., 2015. Chmel 2015 – příručka pro pěstitele. Petr Svoboda, Chmelařský institut, s.r.o., Žatec, 153 s.

- Jupa, R., Plavcová, L., Flamiková, B., Gloser, V., 2016. Effects of limited water availability on xylem transport in liana *Humulus lupulus* L. *Environmental and Experimental Botany*, 130, s. 22 – 32.
- Kao, T. H., Wu, G. Y., 2013. Simultaneous determination of prenylflavonoid and hop bitter acid in beer lee by HPLC-DAD-MS. *Food Chemistry*, 141, s. 1218–1226.
- 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, s. 443 – 453.
- Kolenc, Z., Vodnik, D., Mandelc, S., Branka, J., Kastelec, D., Čerenak, A., 2016. Hop (*Humulus lupulus* L.) response mechanism in drought stress: Proteomic analysis with physiology. *Plant Physiology and Biochemistry*, 105, s. 67 – 78.
- Kopecký, J., 2006. Využití nově vyšlechtěných odrůd chmele v systému nízké konstrukce. *Chmelařství*, 3/2006, s. 25 – 29.
- Kopecký, J., Ježek, J., Klíma, B., Slavík, L., 2008. Zásady pro využití progresivních systémů v zavlažování chmele v podmínkách chmelových regionů v České republice. *Metodika pro praxi*, 3/2008, Chmelařský institut, Žatec, 80 s.
- Kořen, J., 2007. Faktory ovlivňující tvorbu a kvalitu hlávek perspektivních odrůd chmele. *Doktorská disertační práce*, ČZU, Praha, 96 s.
- Kořen, J., Rosa, Z., 2008. Pěstování chmele na nízké konstrukci v ČR a ve světě. Chmelařský institut, Žatec.
- Koškin, E. I., 2005. Částańa fiziołogija polevyeh kultur. Moskva Koloss, 344 s.
- Krofta, K., Hautke, P., 1994a. K problematice dusičnanů ve chmelu – I. *Chmelařství*, 8-9/1994, s. 93 – 97.
- Krofta, K., Hautke, P., 1994b. K problematice dusičnanů ve chmelu – II. *Chmelařství*, 10/1994, s. 109 – 113.
- Krofta, K., 2008. Hodnocení kvality chmele. *Metodika pro praxi* – Chmelařský institut, Žatec, 52 s.
- Krofta, K., Kopecký, J., Ježek, J., 2008. K problematice dusičnanů ve chmelu. *Sborník ze semináře „Technologie pěstování chmele“*. Chmelařský institut, Žatec, s. 4 – 15.
- Krofta, K., Brynda, M., Nesvadba, V., 2010. Rajonizace českých odrůd chmele. *Metodika pro praxi* – Chmelařský institut, Žatec, 76 s.
- Kršková, I., 2020. Aktuální plochy chmelnic v České republice – tisková zpráva. [online] 21. 8. 2020. [cit. 03. 11. 2020]. Dostupné

z <[http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2020\\_aktualni-plochy-chmelnic-v-cr.html](http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2020_aktualni-plochy-chmelnic-v-cr.html)>

- Kubát, J., Nováková, J., Cerhanová, D., Apfelthaler R., 1999. Organic nitrogen cycle, ammonification and nitrification activity in long-term field experiment. *Rostlinná výroba*, 45, s. 397–402.
- Kučera J., Krofta K., 2009. Mathematical model for prediction of yield and alpha acid contents from meteorological data for Saaz aroma variety. *Acta Horticulturae*, 848, s. 131–139.
- 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, s. 95 – 101.
- Larcher, W., 1988. *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia, Praha, 361 s.
- Larcher, W., Biederman, M., Thorson, A., 1995. *Physiological Plant Ecology*, 3. Springer, Berlin, 303 s.
- Lewis, G. K., 1992. Systém pěstování chmele na nízké konstrukci. *Chmelařství*, 10/1992, s. 75 – 79.
- Malý, J., Vaňousek, J. a kol., 2013. Obsahy dusíku u chmelových půd a stav zásobení základními živinami v roce 2012. *Integrovaný systém pěstování chmele (sborník přednášek ze semináře 9. 2. 2013)*. Chmelařský institut s.r.o., Žatec, 37 s.
- Malý, J., Vaňousek, J., Andielová, P., 2016. Stav zásobenosti chmelových půd, výsledky listových analýz v roce 2015. *Sborník přednášek ze semináře k agrotechnice chmele (25. 2. 2016)*. Chmelařský institut, Žatec, s. 3 – 5.
- Malý, J., Vaňousek, J., Vrábík, O., 2017. Stav zásobenosti chmelových půd a výsledky listových analýz se zaměřením na síru v roce 2016. *Sborník přednášek ze semináře k agrotechnice chmele (23. 2. 2017)*. Chmelařský institut, Žatec, s. 12 – 15.
- Mergl, V., Blažík, J., n.d. Limit pro dusičnany v pitné vodě a provoz iontoměniče. [online] [cit. 23. 8. 2017]. Dostupné z <<http://www.smv.cz/res/archive/014/001688.pdf>>
- Mohl, A., 1924. *Chmelařství II*. Zemědělské knihkupectví A. Neubert, Praha, 166 s.
- Možný, M., Tolasz, R., Nekovar, J., Sparks, T., Trnka, M., Žalud, Z., 2009. The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. *Agric. For. Meteorol.*, 149, s. 913–919.
- Nátr, L., 1998. *Rostliny, lidé a trvale udržitelný život člověka na Zemi*. Karolinum - nakladatelství Univerzity Karlovy, Praha, 135 s.
- Nedvěd, V., Balík, J., Černý, J., 2008. Extrakce půdy horkou vodou a chloridem

vápenatým [online] [cit. 11. 10. 2014]. Dostupné z <  
[https://mnet.mendelu.cz/mendelnet08agro/files/articles/fyto\\_nedved.pdf](https://mnet.mendelu.cz/mendelnet08agro/files/articles/fyto_nedved.pdf)>

- Nesvadba, V., Polončíková, Z., Henychová, A., Krofta, K., Patzak, J., 2012. Atlas českých odrůd chmele. Chmelařský institut, Žatec, 28 s., ISBN 978-80-87357-11-8
- Nesvadba, V., 2013. Šlechtění nových českých odrůd vhodných do nízkých konstrukcí. Český chmel 2013, Ministerstvo zemědělství ČR, s. 28 – 30.
- Nesvadba, V., 2015a. Šlechtění chmele na nízké konstrukce. Chmelařství, 3/2015, s. 26 – 31.
- Nesvadba, V., 2015b. Řešení uplatnění nových genotypů chmele pěstovaných na nízké konstrukci v pivovarské a pěstitelské praxi. Chmelařství, 11-12/2015, s. 138 – 142.
- Nesvadba, V., 2016. Tvorba nových odrůd chmele zakrslého typu. Kvasný průmysl, 6/2016, s. 166 – 172.
- Nesvadba, V., Charvátová, J., Štefanová, L., 2018. První české odrůdy chmele na nízké konstrukce. Český chmel 2018, Ministerstvo zemědělství ČR, s. 48 – 53.
- Nesvadba, V. in Kovařík, M. a kol., 2020. Odrůdy chmele. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Svaz pěstitelů chmele ČR, Chmelařství, Praha, 449 s.
- Ouyang, Y., Norton, J. M., Stark, J. M., 2017. Ammonium availability and temperature control contributions of ammonia oxidizing bacteria and archaea to nitrification in an agricultural soil. Soil Biology & Biochemistry, 113, s. 161 – 172.
- Pavlovič, V. Pavlovič, M., Čerenak, A., Košir, I. J., Čeh, B., Rozman, Č., Turk, J., Pazek, K., Krofta, K., Gregorič, G., 2012. Environment and weather influence on quality and market value of hops. Plant, Soil and Environment, 58, s. 155 – 160.
- Pokorný, J., 2011. Vliv lokality a ročníku na produkci a kvalitu chmele. Doktorská disertační práce. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU, Praha, 179 s.
- Pokorný, J., Pulkrábek, J., Štranc, P., Bečka, D., 2011. Photosynthetic activity of selected genotypes of hops (*Humulus lupulus* L.) in critical periods for yield formation. Plant, Soil and Environment, 57, s. 264 – 270.
- Polončíková, Z., 2014. Výběr genotypů chmele vhodných pro nízké konstrukce. Diplomová práce. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, ČZU, Praha, 97 s.
- Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J., 1998. Fyziologie rostlin. Academia, Praha, 484 s.



- 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, s. 13 – 23.
- Rusev, D., Maslarova, M., 1994. Pěstování chmele na nízké konstrukci v Bulharsku. *Chmelařství*, 3/1994, s. 25 – 28.
- Rybáček, V., Fric, V., Havel, J., Libich, V., Kříž, J., Makovec, K., Petrlík, Z., Sachl, Z., Srp, A., Šnobl, J., Vančura, M., 1980. *Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha*, 426 s.
- Semerci, N., Çeçen, F., 2007. Importance of cadmium speciation in nitrification inhibition. *Journal of Hazardous Materials*, 147, s. 503 – 512.
- Shimshi, D., 1970. The Effect of Nitrogen Supply on Transpiration and Stomatal Behaviour of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.), *New Phytologist*, 69, s. 405 – 412.
- Sławińska-Brych, A., Zdzisińska, B., Dmoszyńska-Graniczka, M., Jeleniewicz, - W., Kurzepa, J., Gagoś, M., Stepulak, A., 2016. Xanthohumol inhibits the extracellular signal regulated kinase (ERK) signalling pathway and suppresses cell growth of lung adenocarcinoma cells. *Toxicology*, 357 – 358, s. 65 – 73.
- 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, s. 259 – 273.
- Subbarao, G. V., Yoshihashi, T., Worthington, M., Nakahara, K., Ando, Y., Sahrawat, K. L., Rao, I. M., Lata, J-Ch., Kishii, M., Braun, H-J., 2015. Suppression of soil nitrification by plants. *Plant Science*, 233, s. 155 – 164.
- Šnobl, J., 1989. Vztahy mezi výživou, výnosem a kvalitou chmelových hlávek. *Rostlinná výroba* 35 (10), s. 1079-1086.
- Šnobl, J., Hradecká, D., 2000. Chlorofylmetr – indikátor výživného a celkového stavu porostu chmele během vegetace. *Chmelařství*, 5, s. 1 – 3.
- Štranc, P., Štranc, J., Holý, K., Štranc, D., Sklenička, P., 2012. Pěstování vzrůstných odrůd chmele v nízké konstrukci. *ČZU, Praha*, 84 s.
- Turner, S. F., Benedict, Ch. A., Darby, H., Hoagland, L. A., Simonson, P., Serrine, J. R., Murphy, K. M., 2011. Challenges and Opportunities for Organic Hop Production in the United States. *Agronomy Journal*, 103, s. 1645 – 1654.
- Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J., 2012. *Výživa zahradních rostlin, Academia, Praha*, 568 s.
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P., 2007. *Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, Praha*, 176 s.

- Vaněk, V., Balík, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha, 220 s.
- Vent, L. a kol., 1963. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 413 s.
- Vent, L., 2010a. Zkušenosti s pěstováním chmele na nízké konstrukci v letech 2008 – 2009. Nízké konstrukce a výživa chmele, sborník přednášek ze semináře konaného 9. 2. 2010. Chmelařský institut, Žatec,
- Vent, L. ml., 2010b. Studium fyziologických charakteristik chmele pěstovaného na nízké konstrukci. Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita, Praha, 73 s.
- Vieira Silva, D., Dos Anjos, L., Brito-Rocha, E., Dalmolin, A. C., Mielke, M. S., 2016. Calibration of a multi-species model for chlorophyll estimation in seedlings of Neotropical tree species using hand-held leaf absorbance meters and spectral reflectance. *iForest*, 9, s. 829 – 834.
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.
- 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, s. 159 – 167.
- Whitmarsh, J., Govindjee, 1999. *The Photosynthetic Process. Concepts in Photobiology: Photosynthesis and Photomorphogenesis*. Narosa Publishing House, New Delhi, 51 s.
- Xiong, D., Chen, J., Yu, T., Gao, W., Ling, X., Li, Y., Peng, S., Huang, J., 2015. SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scientific reports*, 5, 12 s.
- Yan, D., Wang, Q., Li, Y., Ouyang, C., Guo, M., Cao, A., 2017. Analysis of the inhibitory effects of chloropicrin fumigation on nitrification in various soil types. *Chemosphere*, 175, s. 459 – 464.
- Zázvorka, V., Zima, F., 1956. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 279 s.
- Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G., Read, J. J., Carter, G. A., 2003. Corn (*Zea mays* L.) growth, leaf pigment concentration, photosynthesis and leaf hyperspectral reflectance properties as affected by nitrogen supply. *Plant and Soil*, s. 205 – 218.
- Zhao, D., Reddy, K. R., Kakani, V. G., Reddy, V. R., 2005. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European Journal of Agronomy*, s. 391 – 403.

## 10. Přílohy

Tab. 59: Hodnocení agrometeorologického roku 2014/2015 – Žatec.

Agrometeorologický rok 2014/2015	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)		Hodnocení		Měsíční úhrn srážek (mm)		Hodnocení	
	normál	2014/2015	$\Delta t$	teplotní	normál	2014/2015	%	srážkové
Říjen 2014	8,9	10,9	2,0	teplý	26,0	37,8	145	normální
Listopad 2014	4,0	6,6	2,6	mimořádně teplý	31,0	31,6	102	vlhký
Prosinec 2014	0,6	3,2	2,6	silně teplý	28,3	20,8	73	normální
Leden 2015	-0,4	2,6	3,0	silně teplý	21,5	13,6	63	suchý
Únor 2015	0,6	0,8	0,2	normální	20,0	2,4	12	silně suchý
Březen 2015	4,7	5,2	0,5	normální	25,9	32,2	124	normální
<b>CHLADNÝ PŮLROK</b>	3,1	4,9	1,8	mimořádně teplý	152,7	138,4	91	normální
Duben 2015	9,5	8,8	-0,7	normální	30,7	34,0	111	normální
Květen 2015	14,7	13,3	-1,4	normální	52,1	18,8	36	silně suchý
Červen 2015	17,5	16,4	-1,1	normální	59,5	85,4	144	vlhký
Červenec 2015	19,5	20,5	1,0	silně teplý	69,4	47,2	68	normální
Srpen 2015	18,7	21,4	2,7	mimořádně teplý	70,8	96,0	136	vlhký
Září 2015	14,1	13,4	-0,7	normální	38,2	15,2	40	suchý
<b>TEPLÝ PŮLROK</b>	15,7	15,6	0,0	silně teplý	320,7	296,6	92	normální
<b>Průměr rok</b>	9,4	10,3	0,9	mimořádně teplý	473,4	435,0	92	normální

Tab. 60: Hodnocení agrometeorologického roku 2015/2016 – Žatec.

Agrometeorologický rok 2015/2016	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)		Hodnocení		Měsíční úhrn srážek (mm)		Hodnocení	
	normál	2015/2016	$\Delta t$	teplotní	normál	2015/2016	%	srážkové
Říjen 2015	8,9	8,2	-0,7	normální	26,0	49,0	188	vlhký
Listopad 2015	4,0	6,7	2,7	silně teplý	31,0	36,6	118	normální
Prosinec 2015	0,6	5,2	4,6	silně teplý	28,3	12,8	45	suchý
Leden 2016	-0,4	-0,2	0,2	normální	21,5	23,8	111	normální
Únor 2016	0,6	3,8	3,2	silně teplý	20,0	23,4	117	normální
Březen 2016	4,7	4,5	-0,2	normální	25,9	23,8	92	normální
<b>CHLADNÝ PŮLROK</b>	3,1	4,7	1,6	mimořádně teplý	152,7	169,4	111	normální
Duben 2016	9,5	8,4	-1,1	normální	30,7	14,8	48	suchý
Květen 2016	14,7	14,3	-0,4	normální	52,1	20,6	40	silně suchý
Červen 2016	17,5	18,1	0,6	normální	59,5	91,0	153	vlhký
Červenec 2016	19,5	19,7	0,2	normální	69,4	104,6	151	vlhký
Srpen 2016	18,7	18	-0,7	studený	70,8	36,6	52	normální
Září 2016	14,1	16,9	2,8	silně teplý	38,2	73,4	192	vlhký
<b>TEPLÝ PŮLROK</b>	15,7	15,9	0,2	normální	320,7	341,0	106	normální
<b>Průměr rok</b>	9,4	10,3	0,9	teplý	473,4	510,4	108	normální

Tab. 61: Hodnocení agrometeorologického roku 2016/2017 – Žatec.

Agrometeorologický rok 2016/2017	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)		Hodnocení		Měsíční úhrn srážek (mm)		Hodnocení	
	normál	2016/2017	$\Delta t$	teplotní	normál	2016/2017	%	srážkové
Říjen 2016	8,9	8,9	0,0	normální	26,0	38,8	149	vlhký
Listopad 2016	4,0	3,6	-0,4	normální	31,0	18,2	59	suchý
Prosinec 2016	0,6	1,6	1,0	normální	28,3	6,2	22	silně suchý
Leden 2017	-0,4	-4,7	-4,3	studený	21,5	8,0	37	silně suchý
Únor 2017	0,6	2,1	1,5	normální	20,0	17,2	86	normální
Březen 2017	4,7	7,0	2,3	teplý	25,9	29,2	113	normální
<b>CHLADNÝ PŮLROK</b>	3,1	3,1	0,0	normální	152,7	117,6	77	suchý
Duben 2017	9,5	8,4	-1,1	normální	30,7	46,4	151	vlhký
Květen 2017	14,7	14,5	-0,2	normální	52,1	21,0	40	silně suchý
Červen 2017	17,5	18,9	1,4	teplý	59,5	59,4	100	normální
Červenec 2017	19,5	19,7	0,2	normální	69,4	47,2	68	normální
Srpen 2017	18,7	19,1	0,4	normální	70,8	85,8	121	normální
Září 2017	14,1	12,7	-1,4	studený	38,2	37,4	98	normální
<b>TEPLÝ PŮLROK</b>	15,7	15,6	-0,1	normální	320,7	297,2	93	normální
<b>Průměr rok</b>	9,4	9,3	0,0	normální	473,4	414,8	88	suchý

Tab. 62: Přehled průměrných rychlostí fotosyntézy u sledovaných variant v roce 2015 [ $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ].

	0	60	100	140	180
05.06.2015	10,17	11,37	9,75	12,63	9,8
19.06.2015	11,25	10,62	9,84	10,52	10,42
30.06.2015	9,66	14,82	15,38	15,62	16,02
14.07.2015	11,56	12,54	14,95	15,61	13,96
06.08.2015	Neměřeno - porucha přístroje				
<b>průměr</b>	<b>10,66</b>	<b>12,34</b>	<b>12,48</b>	<b>13,60</b>	<b>12,55</b>

Tab. 63: Přehled průměrných rychlostí transpirace v roce 2015 [ $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ].

	0	60	100	140	180
05.06.2015	1,71	1,61	1,98	2,48	2,07
19.06.2015	1,81	1,62	1,59	1,63	1,75
30.06.2015	1,57	1,8	2,12	2,57	2,55
14.07.2015	1,53	1,93	2,29	2,5	2
06.08.2015	Neměřeno - porucha přístroje				
<b>průměr</b>	<b>1,66</b>	<b>1,74</b>	<b>2,00</b>	<b>2,30</b>	<b>2,09</b>

Tab. 64: Průměrné hodnoty WUE v roce 2015.

	0	60	100	140	180
05.06.2015	5,95	7,06	4,92	5,09	4,73
19.06.2015	6,22	6,56	6,19	6,45	5,95
30.06.2015	6,15	8,23	7,25	6,08	6,28
14.07.2015	7,56	6,50	6,53	6,24	6,98
<b>průměr</b>	<b>6,47</b>	<b>7,09</b>	<b>6,22</b>	<b>5,97</b>	<b>5,99</b>

Tab. 65: Přehled průměrných rychlostí fotosyntézy v roce 2016 [ $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ].

	0	60	100	140	180
06.06.2016	8,45	8,68	10,86	10,83	11,07
20.06.2016	9,54	10,14	10,08	11,13	10,57
04.07.2016	11,07	12,19	13,95	13,86	13,62
18.07.2016	11,12	12,93	13,98	14,37	13,88
01.08.2016	10,93	13,07	13,61	14,53	14,92
<b>průměr</b>	<b>10,22</b>	<b>11,40</b>	<b>12,50</b>	<b>12,94</b>	<b>12,81</b>

Tab. 66: Přehled průměrných rychlostí transpirace v roce 2016 [ $\text{mmol H}_2\text{O.m}^2.\text{s}^{-1}$ ].

	0	60	100	140	180
06.06.2016	1,58	1,44	1,6	1,99	1,99
20.06.2016	1,82	1,85	1,99	1,95	2,01
04.07.2016	1,52	1,64	1,6	1,57	1,62
18.07.2016	2,12	2,18	2,33	2,38	2,47
01.08.2016	2,34	2,52	2,33	2,28	2,43
<b>průměr</b>	<b>1,88</b>	<b>1,93</b>	<b>1,97</b>	<b>2,03</b>	<b>2,10</b>

Tab. 67: Průměrné hodnoty WUE v roce 2016.

	0	60	100	140	180
06.06.2016	5,35	6,03	6,79	5,44	5,56
20.06.2016	5,24	5,48	5,07	5,71	5,26
04.07.2016	7,28	7,43	8,72	8,83	8,41
18.07.2016	5,25	5,93	6,00	6,04	5,62
01.08.2016	4,67	5,19	5,84	6,37	6,14
<b>průměr</b>	<b>5,56</b>	<b>6,01</b>	<b>6,48</b>	<b>6,48</b>	<b>6,20</b>

Tab. 68: Přehled průměrných rychlostí fotosyntézy v roce 2017 [ $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ].

	0	60	100	140	180
05.06.2017	7,31	7,58	7,91	8,49	9,44
19.06.2017	8,97	10,8	10,34	11,7	11,67
03.07.2017	10,47	11,99	11,95	12,75	12,3
18.07.2017	10,67	11,93	12,96	12,6	13,29
04.08.2017	11	12,18	12,05	13,13	12,16
<b>průměr</b>	<b>9,68</b>	<b>10,90</b>	<b>11,04</b>	<b>11,73</b>	<b>11,77</b>

Tab. 69: Přehled průměrných rychlostí transpirace v roce 2017 [ $\text{mmol H}_2\text{O.m}^2.\text{s}^{-1}$ ].

	0	60	100	140	180
05.06.2017	1,54	1,49	1,53	1,58	1,54
19.06.2017	1,95	2,22	1,93	1,81	2,09
03.07.2017	2,15	2,04	2,05	2,18	2,15
18.07.2017	1,92	2,01	1,75	2,1	1,82
04.08.2017	1,79	1,81	1,66	1,88	1,73
<b>průměr</b>	<b>1,87</b>	<b>1,91</b>	<b>1,78</b>	<b>1,91</b>	<b>1,87</b>

Tab. 70: Průměrné hodnoty WUE v roce 2017.

	0	60	100	140	180
05.06.2017	4,75	5,09	5,17	5,37	6,13
19.06.2017	4,60	4,86	5,36	6,46	5,58
03.07.2017	4,87	5,88	5,83	5,85	5,72
18.07.2017	5,56	5,94	7,41	6,00	7,30
04.08.2017	6,15	6,73	7,26	6,98	7,03
<b>průměr</b>	<b>5,18</b>	<b>5,70</b>	<b>6,20</b>	<b>6,13</b>	<b>6,35</b>

Tab. 71: Obsah dusíku v sušině révových listů [%] v roce 2015.

		Obsah N v sušině listů [%] - 2015				
		01.06.	22.06.	01.07.	15.07.	06.08.
PG1428	0	Nedosta- tečná biomasa pro odběr	4,72	4,77	4,14	3,50
	60		5,46	4,98	4,85	3,91
	100		5,23	5,21	4,74	4,23
	140		5,16	5,53	4,80	4,09
	180		5,50	5,58	4,84	4,25
Sládek NK	0	Nedosta- tečná biomasa pro odběr	3,81	4,57	3,39	2,77
	60		4,50	4,97	3,87	3,06
	100		4,68	5,32	4,36	3,50
	140		4,67	5,63	4,47	3,42
	180		4,83	5,54	4,64	3,93
Sládek VK	0	4,76	4,18	4,08	3,33	2,82
	60	4,93	4,29	4,22	3,44	3,10
	100	4,77	4,26	4,28	3,47	3,04
	140	4,97	4,08	4,14	3,64	3,11
	180	5,03	4,01	4,20	3,65	3,24



Tab. 72: Obsah dusíku v sušině révových listů [%] v roce 2016.

		Obsah N v sušině listů [%] - 2016				
		07.06.	21.06.	11.07.	22.07.	08.08.
PG1428	0	Nedostatečná biomasa pro odběr	4,40	3,56	3,34	3,24
	60		4,76	3,89	3,72	3,51
	100		4,98	4,48	4,17	4,01
	140		5,12	4,28	4,01	3,95
	180		4,85	4,87	4,36	4,15
Sládek NK	0	Nedostatečná biomasa pro odběr	3,01	2,93	2,91	2,83
	60		3,15	3,55	3,35	3,01
	100		3,95	4,03	3,45	3,22
	140		4,24	4,43	4,16	3,76
	180		3,92	3,87	4,01	3,59
Sládek VK	0	4,92	4,28	3,96	3,32	2,92
	60	4,86	4,34	3,91	3,51	3,08
	100	5,02	4,20	4,02	3,53	2,84
	140	5,12	4,46	3,92	3,49	3,18
	180	5,07	4,57	4,35	3,67	3,17

Tab. 73: Obsah dusíku v sušině révových listů [%] v roce 2017.

		Obsah N v sušině listů [%] - 2017				
		08.06.	19.06.	03.07.	18.07.	04.08.
PG1428	0	Nedostatečná biomasa pro odběr	4,19	4,25	3,74	3,12
	60		4,70	4,78	4,21	3,76
	100		4,61	4,53	4,11	3,72
	140		4,72	4,80	4,25	3,88
	180		4,94	4,88	4,36	3,85
Sládek NK	0	Nedostatečná biomasa pro odběr	2,87	3,27	3,15	2,76
	60		4,12	4,26	3,76	3,25
	100		4,51	4,48	4,17	3,49
	140		4,34	4,50	4,11	3,50
	180		4,30	4,27	3,98	3,57
Sládek VK	0	4,21	4,23	4,38	3,98	3,32
	60	4,20	4,31	4,42	4,13	3,10
	100	4,60	4,41	4,31	4,05	3,24
	140	4,62	4,33	4,25	3,92	3,21
	180	4,62	4,45	4,40	4,03	3,34

Tab. 74: Obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách PG1428 v roce 2015.

PG1428	dusičnany [g.kg <sup>-1</sup> ]	alfa-hořká kyselina [% hm.]
0	3,22	3,71
60	5,28	3,66
100	3,20	3,46
140	13,91	3,78
180	8,67	3,85

Tab. 75: Obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na nízké konstrukci v roce 2015.

Sládek NK	dusičnany [g.kg <sup>-1</sup> ]	alfa-hořká kyselina [% hm.]
0	1,86	8,69
60	3,62	10,38
100	4,69	10,21
140	7,97	9,76
180	10,82	9,42

Tab. 76: Obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na vysoké konstrukci v roce 2015.

Sládek VK	dusičnany [g.kg <sup>-1</sup> ]	alfa-hořká kyselina [% hm.]
0	10,14	4,29
60	12,18	4,63
100	11,93	4,54
140	12,18	4,24
180	13,24	5,58

Tab. 77: Obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách PG1428 v roce 2016.

PG1428	dusičnany [g/kg]	alfa-hořká kyselina [% hm.]
0	2,62	5,32
60	4,35	5,41
100	5,10	4,97
140	8,80	5,07
180	9,16	4,77

Tab. 78: Obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na nízké konstrukci v roce 2016.

Sládek NK	dusičnany [g/kg]	alfa-hořká kyselina [% hm.]
0	1,32	7,82
60	1,65	8,01
100	6,60	8,62
140	8,28	7,76
180	9,47	7,94

Tab. 79: Obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na vysoké konstrukci v roce 2016.

Sládek VK	dusičnany [g/kg]	alfa-hořká kyselina [% hm.]
0	9,45	6,91
60	10,57	6,41
100	10,26	6,53
140	11,03	6,91
180	12,17	5,90

Tab. 80: Obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách PG1428 v roce 2017.

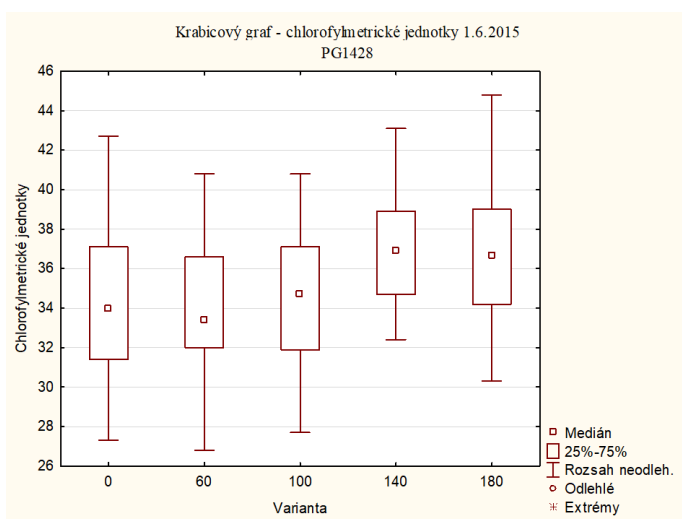
PG1428	dusičnany [g/kg]	alfa-hořká kyselina [% hm.]
0	2,83	3,93
60	5,78	3,92
100	7,42	4,39
140	9,28	4
180	9,47	3,97

Tab. 81: Obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na nízké konstrukci v roce 2017.

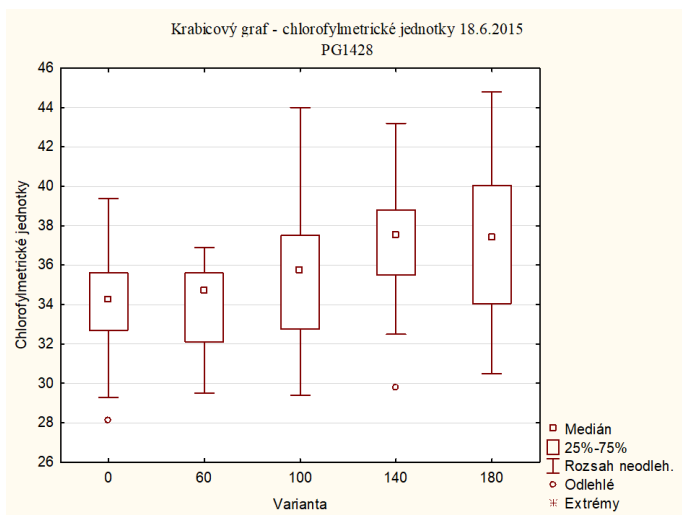
Sládek NK	dusičnany [g/kg]	alfa-hořká kyselina [% hm.]
0	2,15	8,35
60	3,16	9,43
100	6,45	8,45
140	8,13	9,08
180	9,90	8,37

Tab. 82: Obsah alfa-hořkých kyselin a dusičnanů v hlávkách Sládka na vysoké konstrukci v roce 2017.

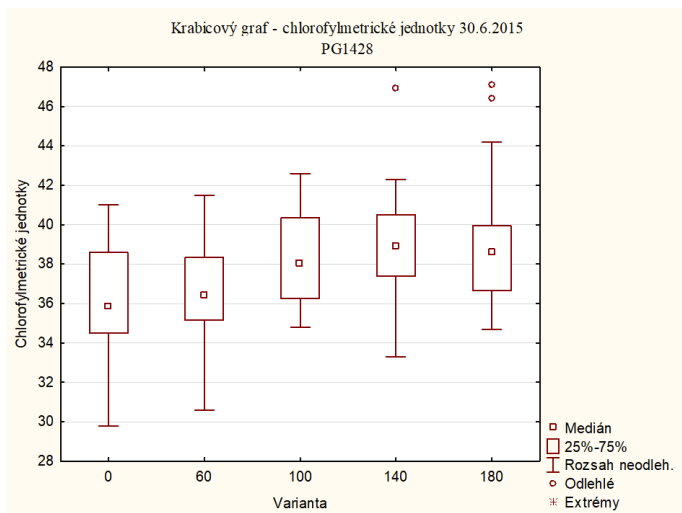
Sládek VK	dusičnany [g/kg]	alfa-hořká kyselina [% hm.]
0	6,66	6,05
60	8,50	6,12
100	8,42	5,98
140	9,53	6,17
180	11,75	6,07



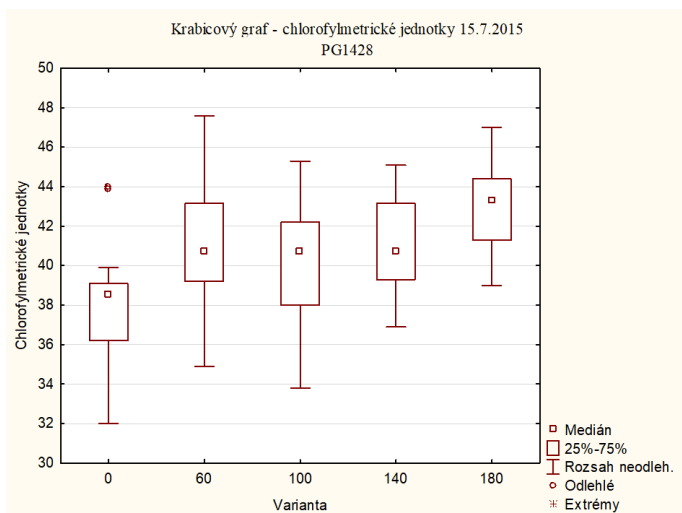
Graf 87: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 1. 6. 2015.



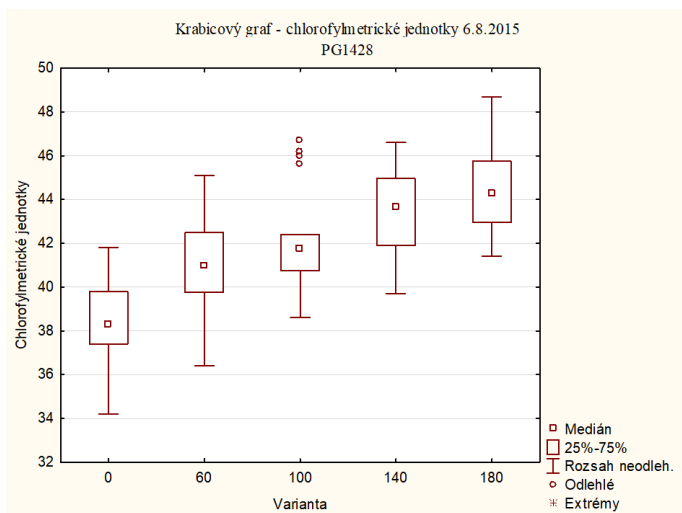
Graf 88: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 18. 6. 2015.



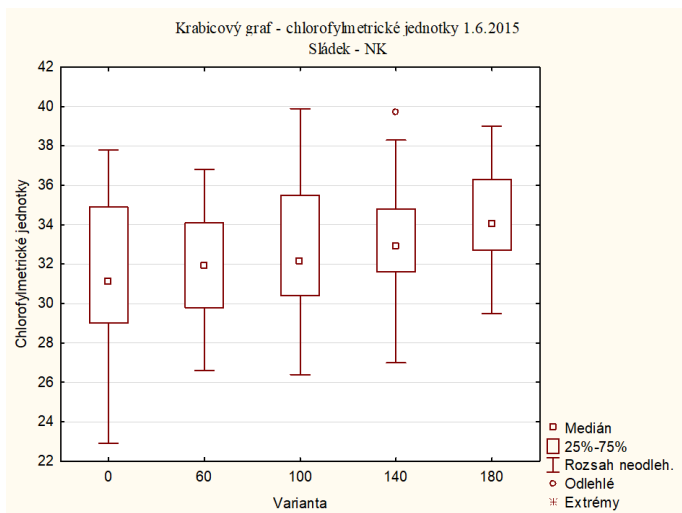
Graf 89: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 30. 6. 2015.



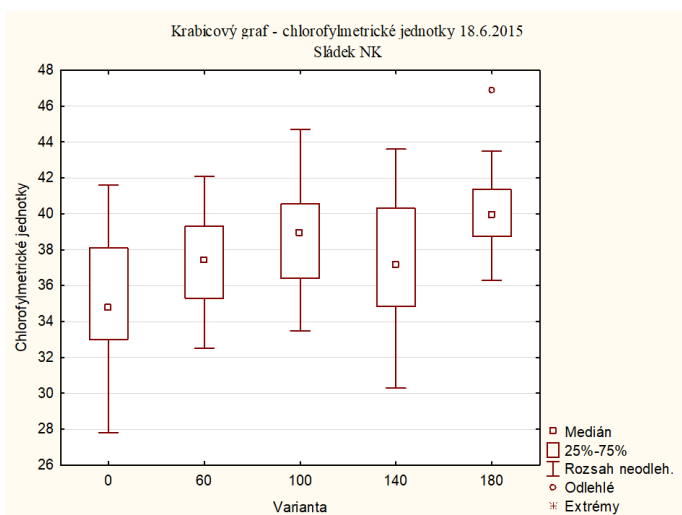
Graf 90: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 15. 7. 2015.



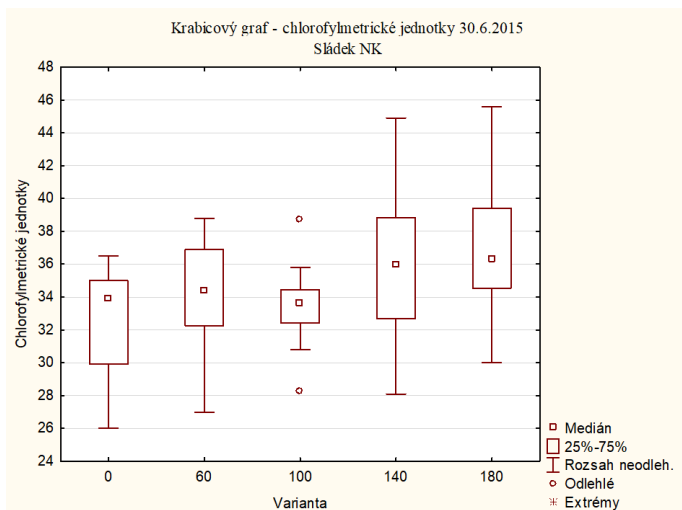
Graf 91: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 6. 8. 2015.



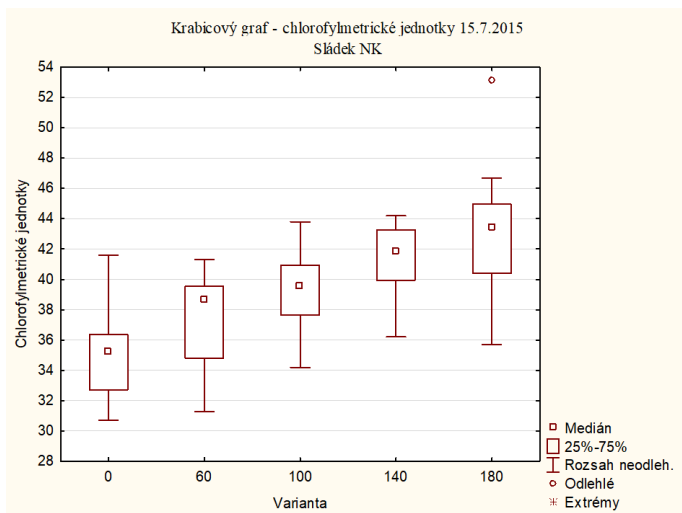
Graf 92: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 1. 6. 2015.



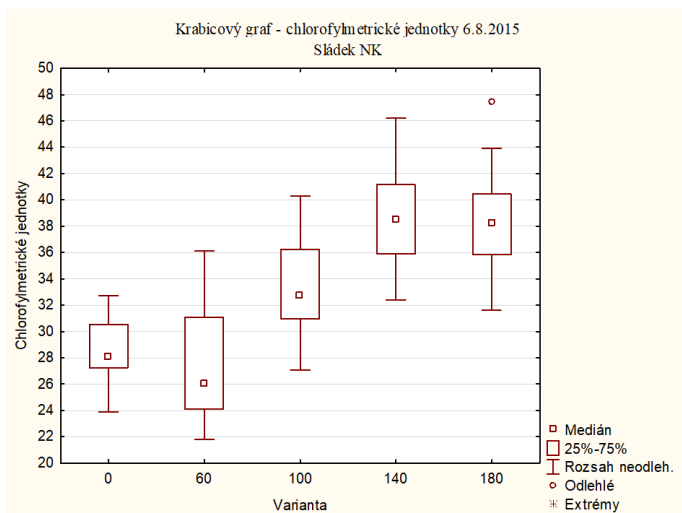
Graf 93: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 18. 6. 2015.



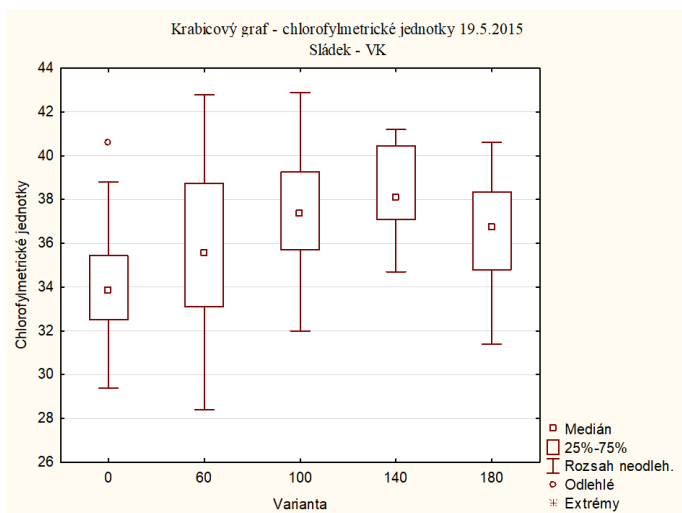
Graf 94: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 30. 6. 2015.



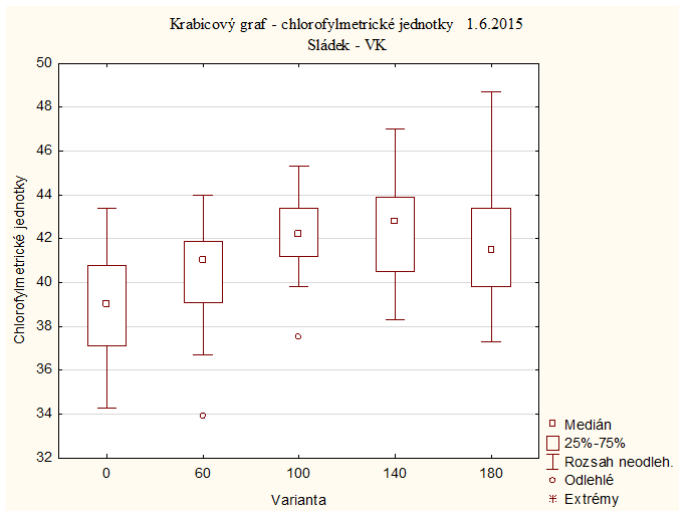
Graf 95: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 15. 7. 2015.



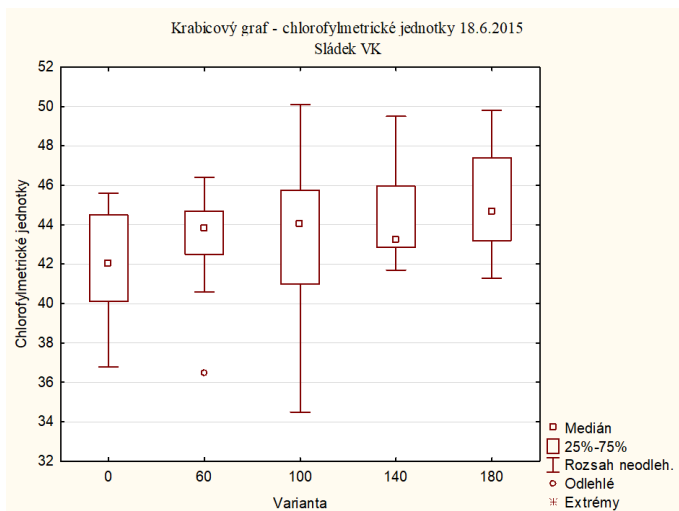
Graf 96: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 6. 8. 2015.



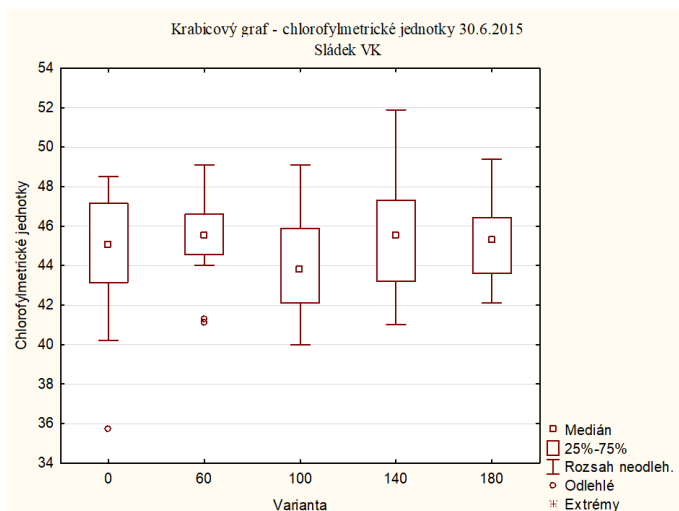
Graf 97: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 19. 5. 2015.



Graf 98: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 1. 6. 2015.

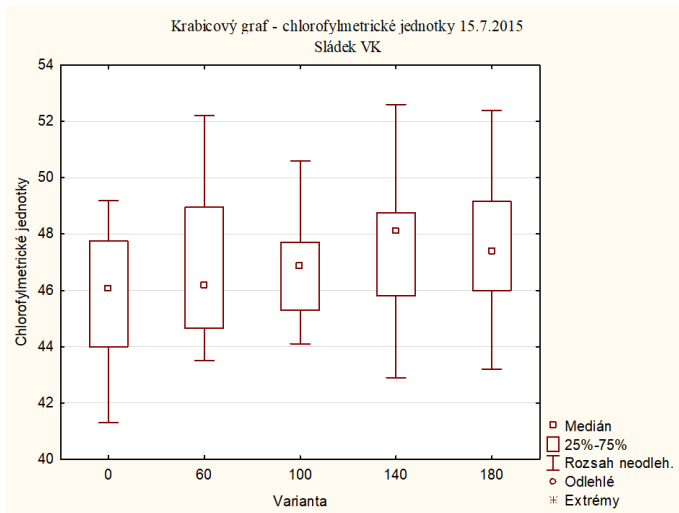


Graf 99: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 18. 6. 2015.

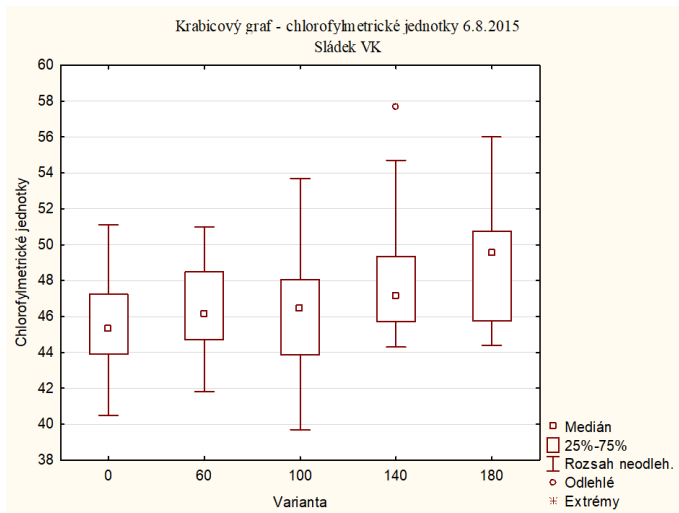


Graf 100: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 30. 6. 2015.

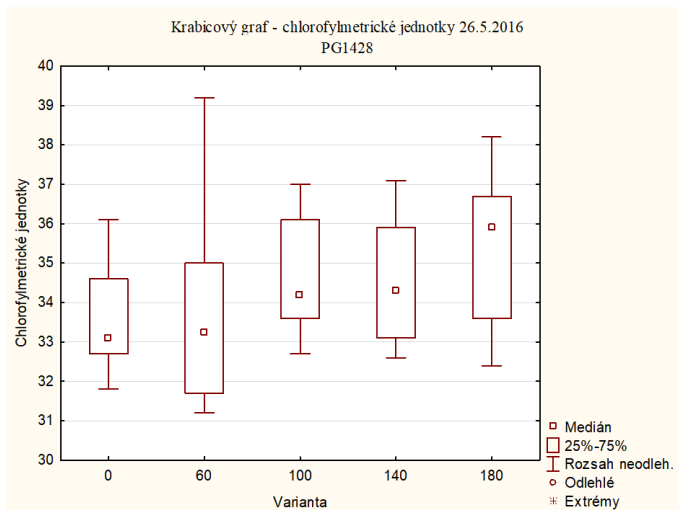




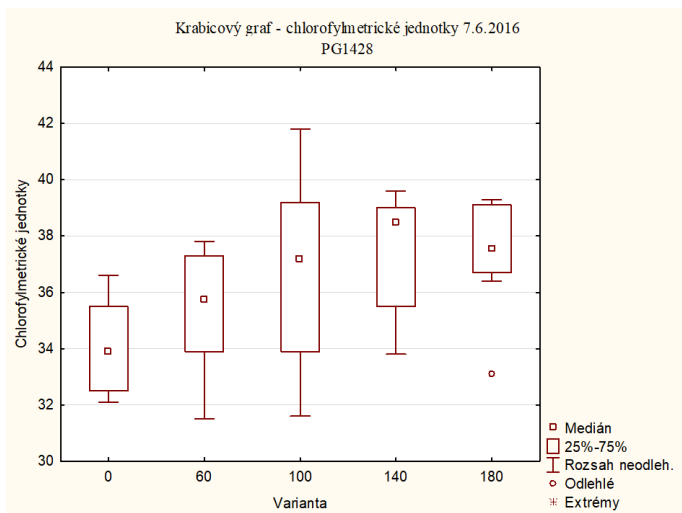
Graf 101: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 15. 7. 2015.



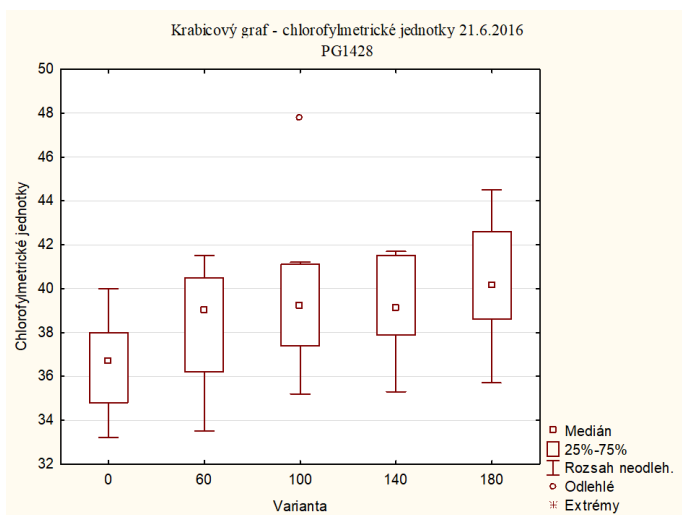
Graf 102: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 6. 8. 2015.



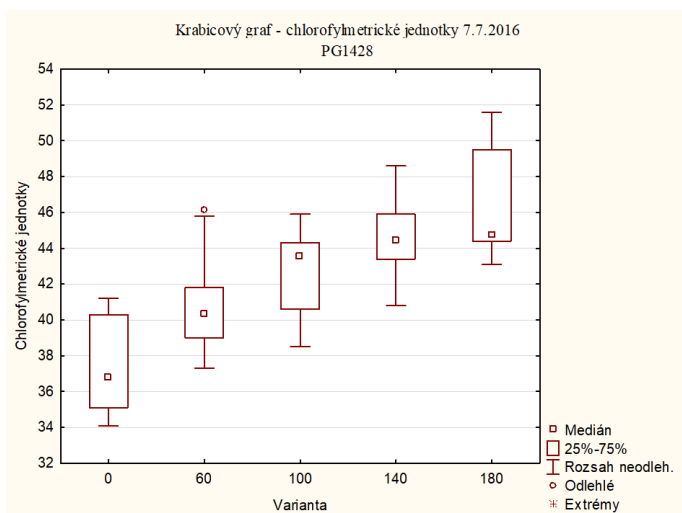
Graf 103: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 26. 5. 2016.



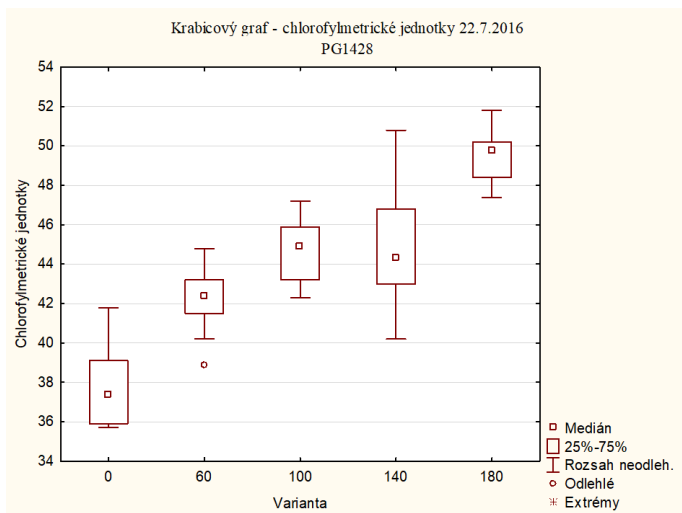
Graf 104: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 7. 6. 2016.



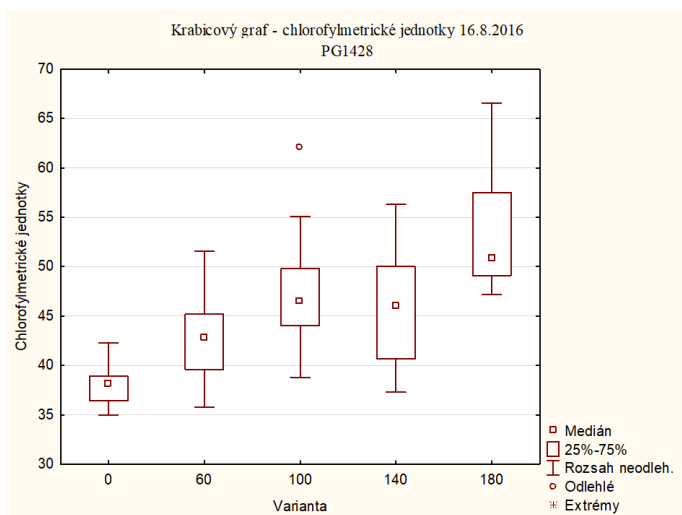
Graf 105: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 21. 6. 2016.



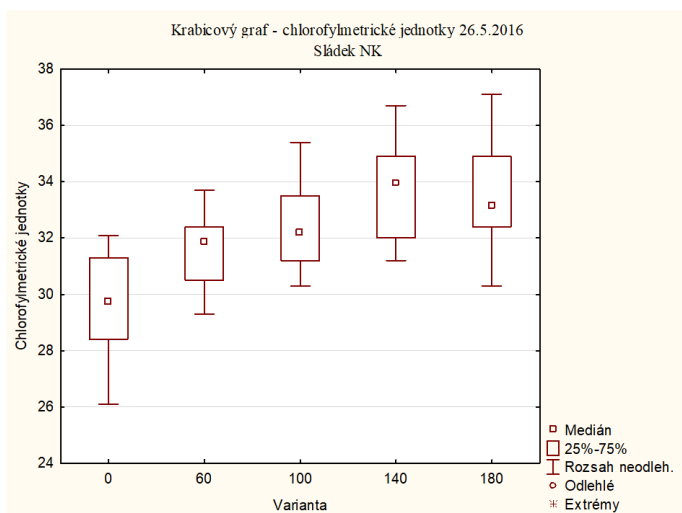
Graf 106: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 7. 7. 2016.



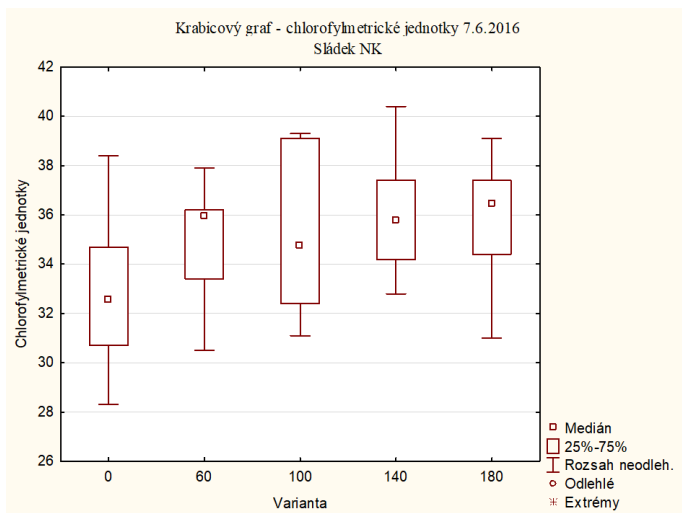
Graf 107: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 22. 7. 2016.



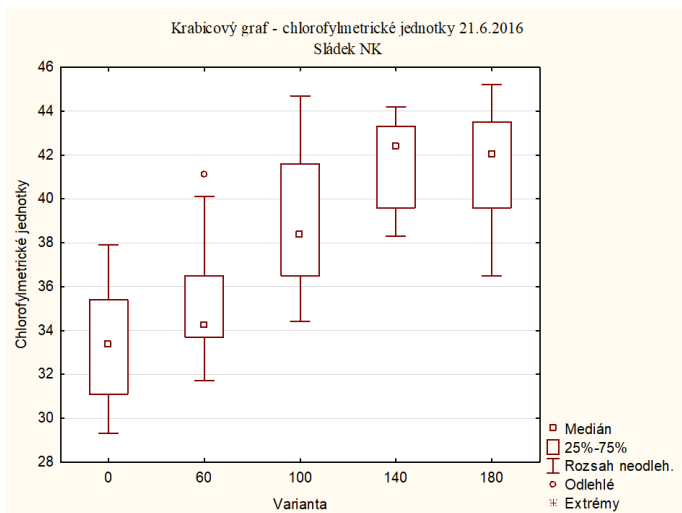
Graf 108: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 16. 8. 2016.



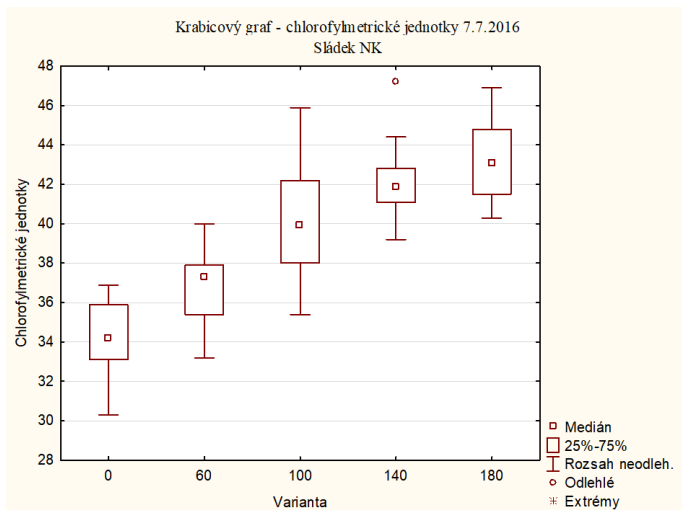
Graf 109: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládku na NK z 26. 5. 2016.



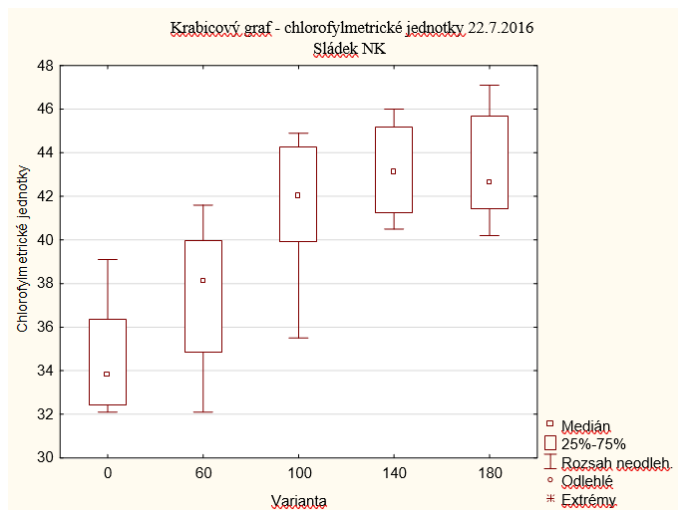
Graf 110: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 7. 6. 2016.



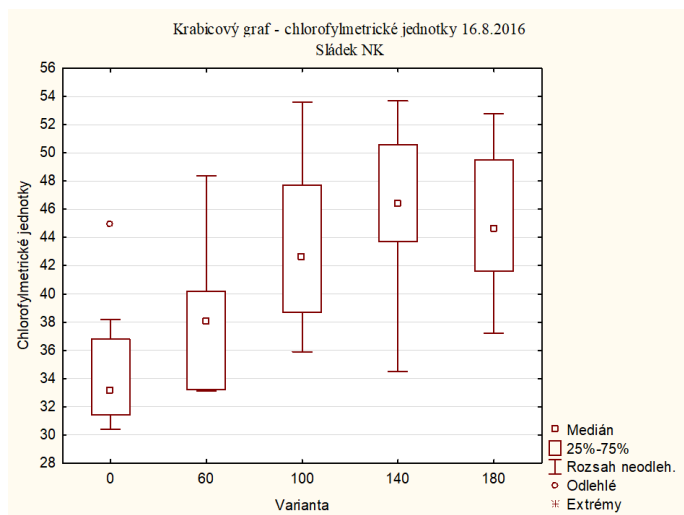
Graf 111: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 21. 6. 2016.



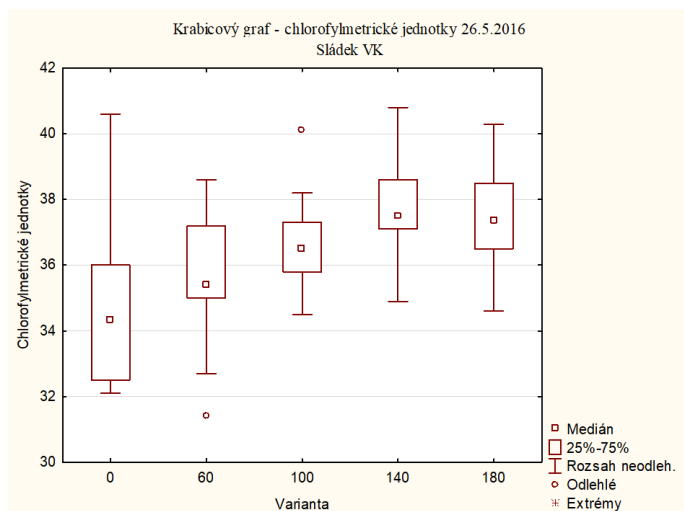
Graf 112: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 7. 7. 2016.



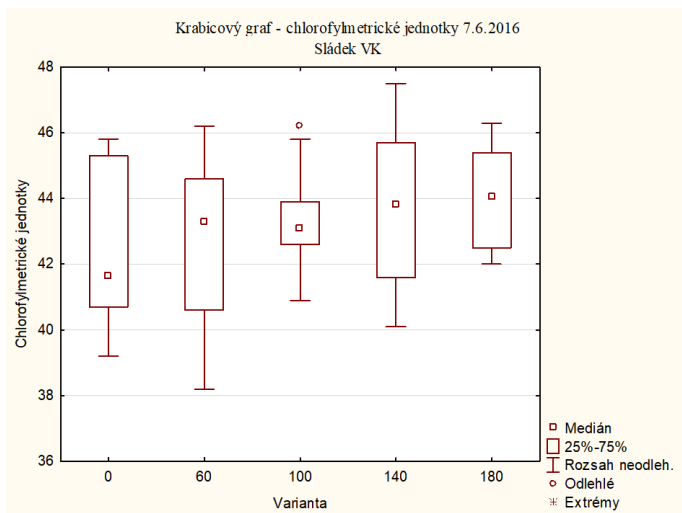
Graf 113: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 22. 7. 2016.



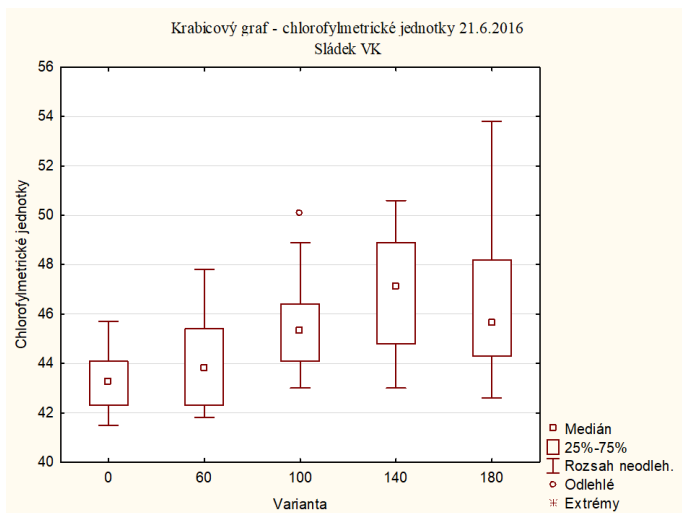
Graf 114: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 16. 8. 2016.



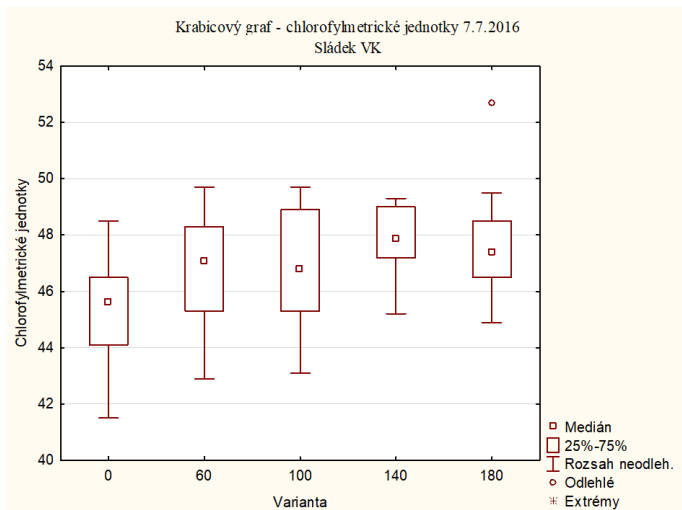
Graf 115: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 26. 5. 2016.



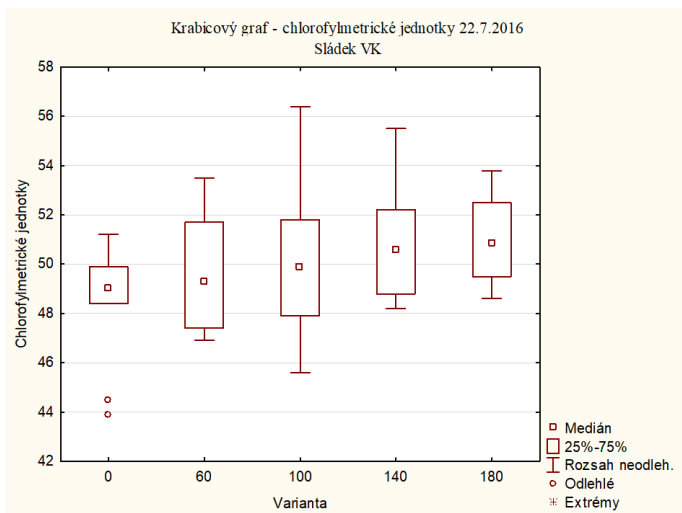
Graf 116: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 7. 6. 2016.



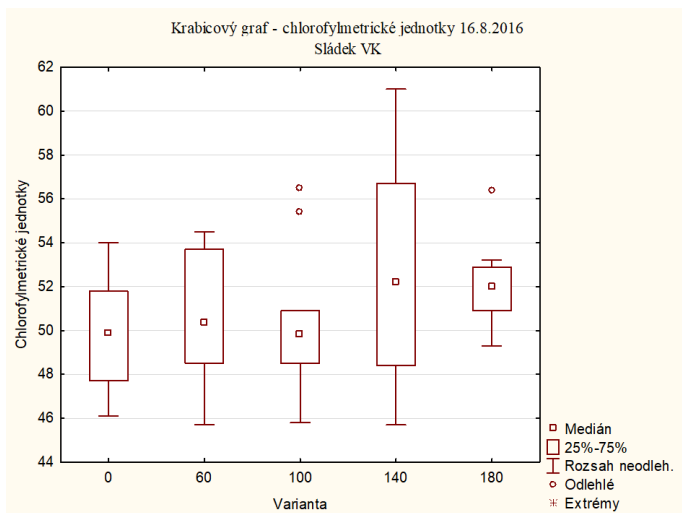
Graf 117: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 21. 6. 2016.



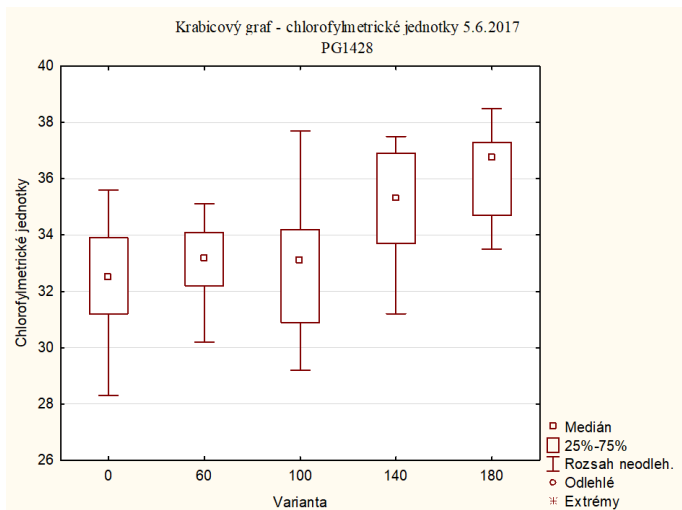
Graf 118: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 7. 7. 2016.



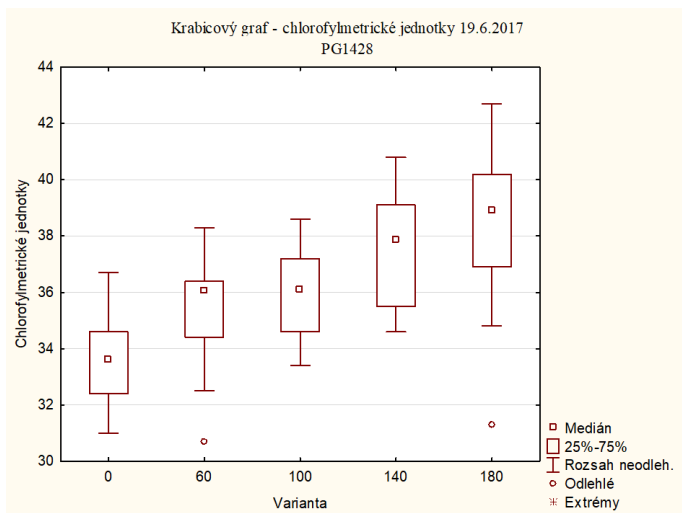
Graf 119: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 22. 7. 2016.



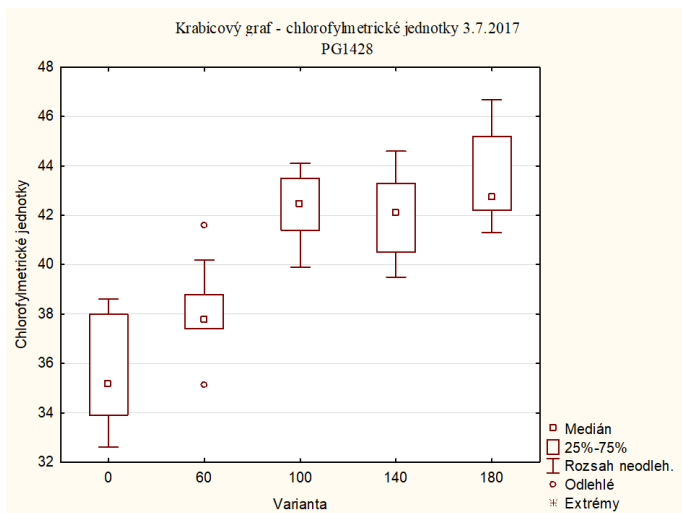
Graf 120: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 16. 8. 2016.



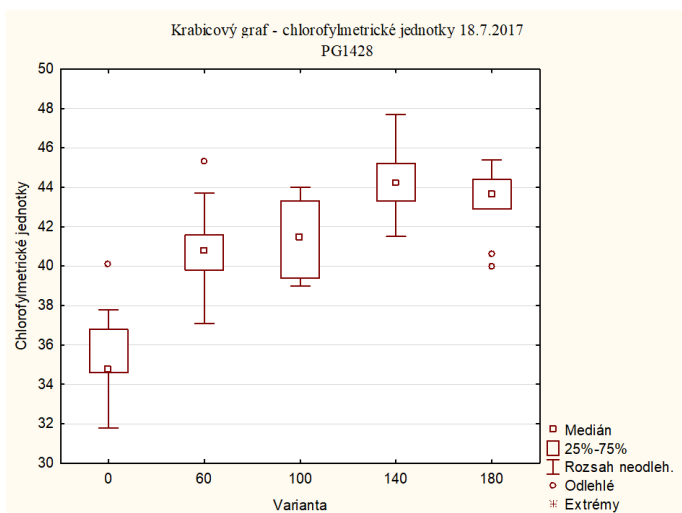
Graf 121: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 5. 6. 2017.



Graf 122: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 19. 6. 2017.

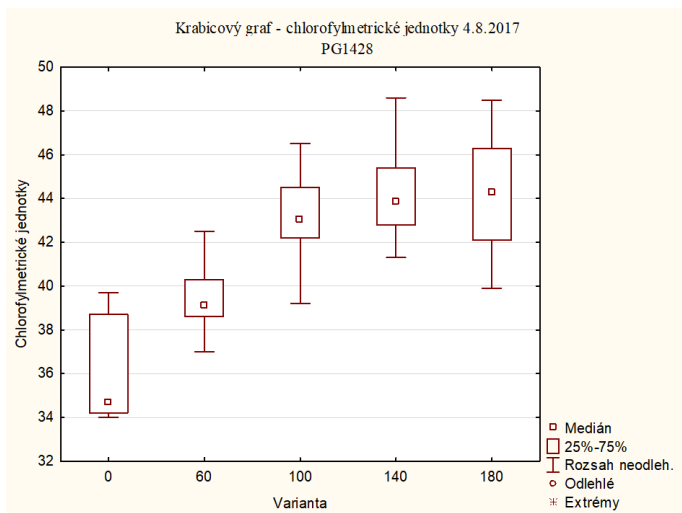


Graf 123: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 3. 7. 2017.

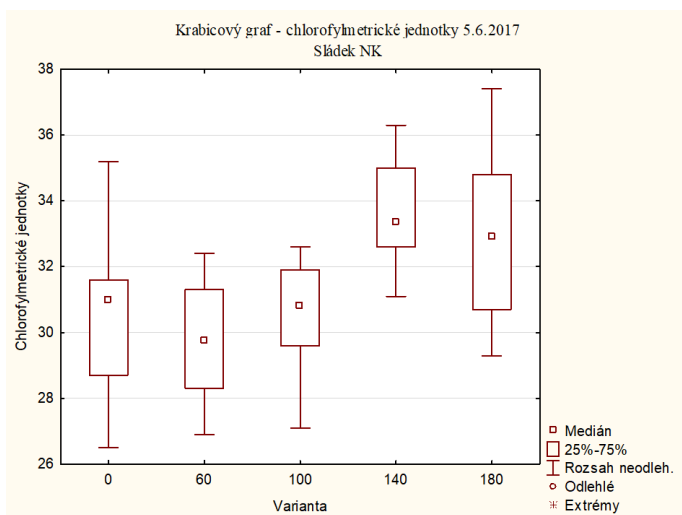


Graf 124: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 18. 7. 2017.

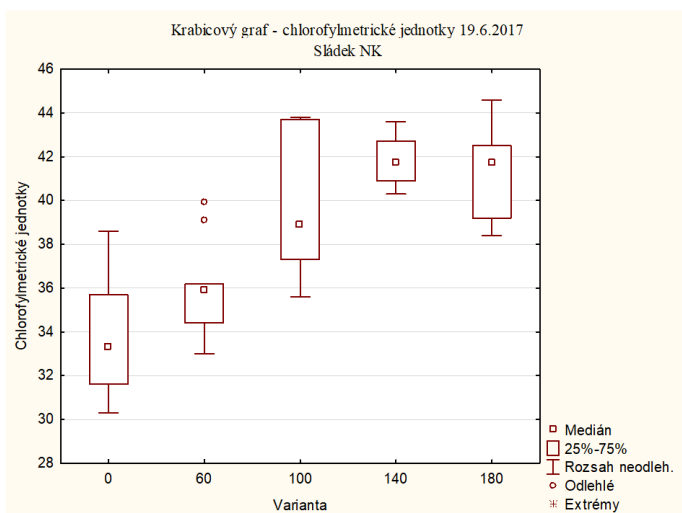




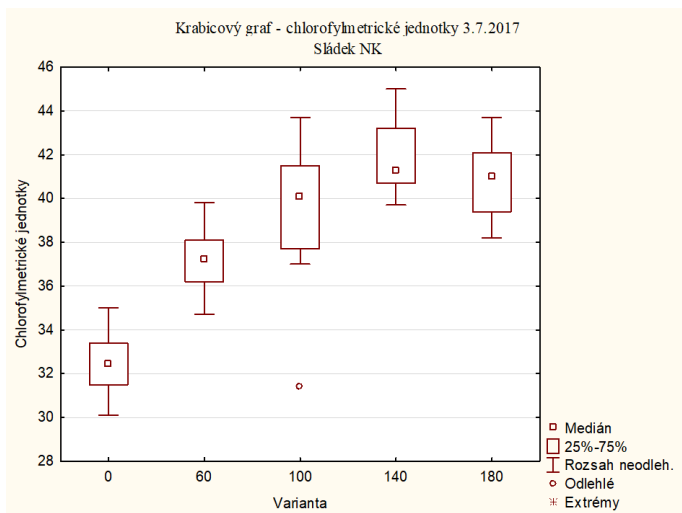
Graf 125: Statistické rozložení SPAD hodnot PG1428 z 4. 8. 2017.



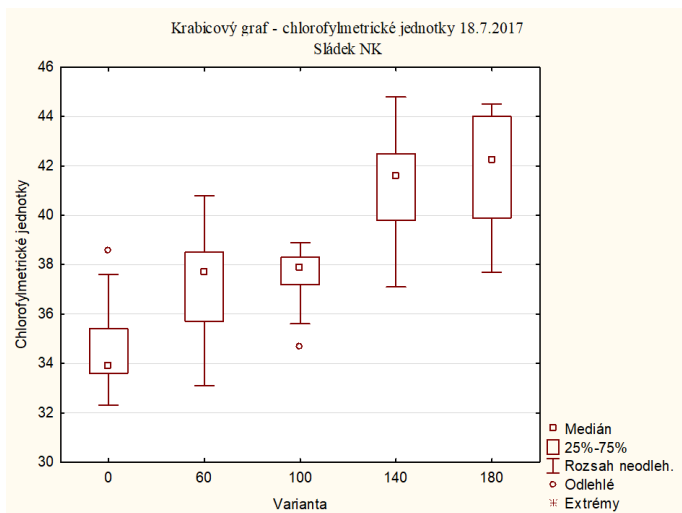
Graf 126: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládku na NK z 5. 6. 2017.



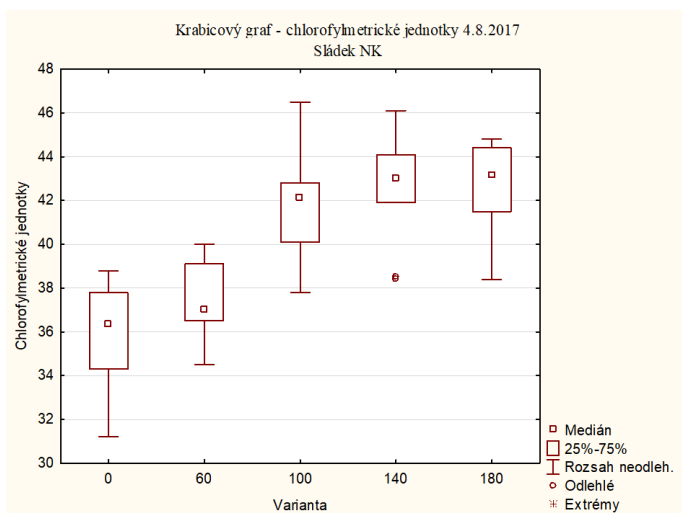
Graf 127: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládku na NK z 19. 6. 2017.



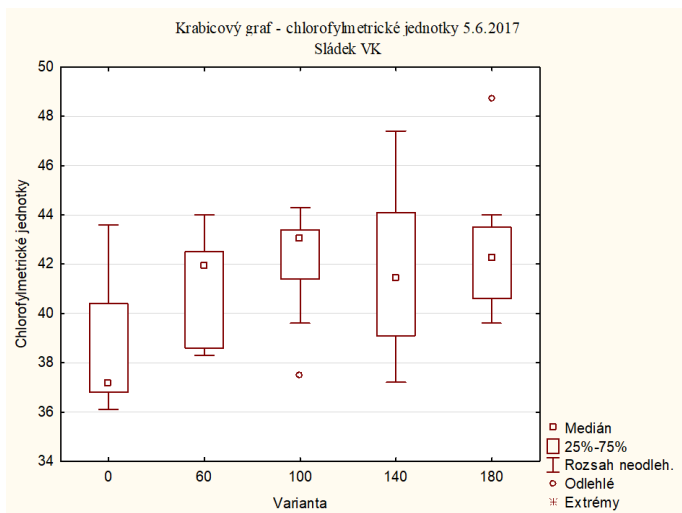
Graf 128: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 3. 7. 2017.



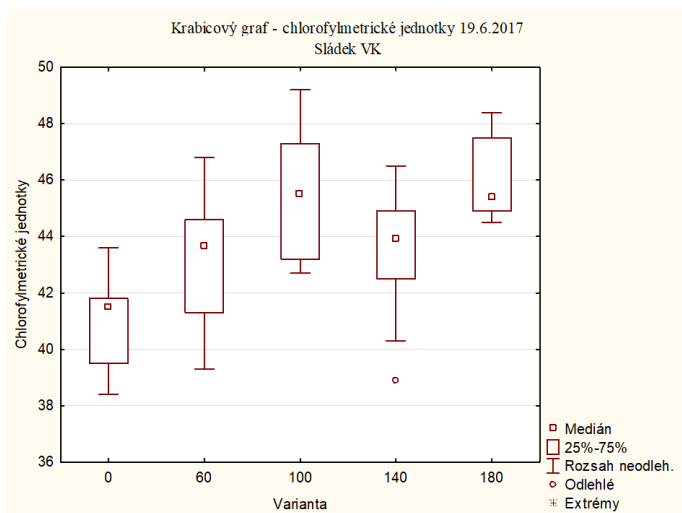
Graf 129: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 18. 7. 2017.



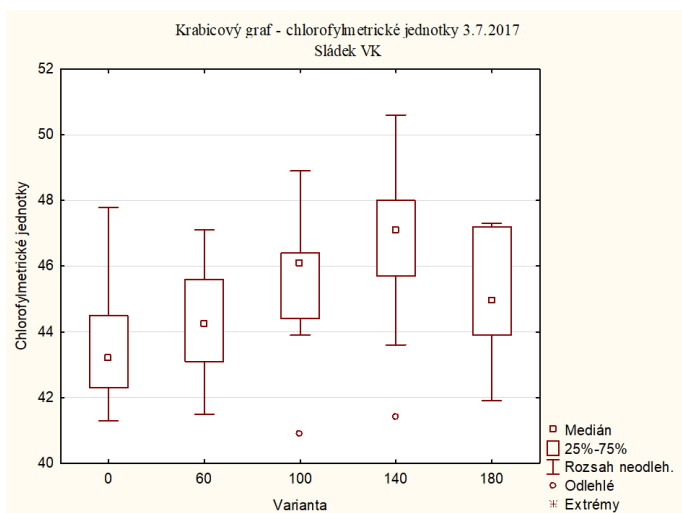
Graf 130: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na NK z 4. 8. 2017.



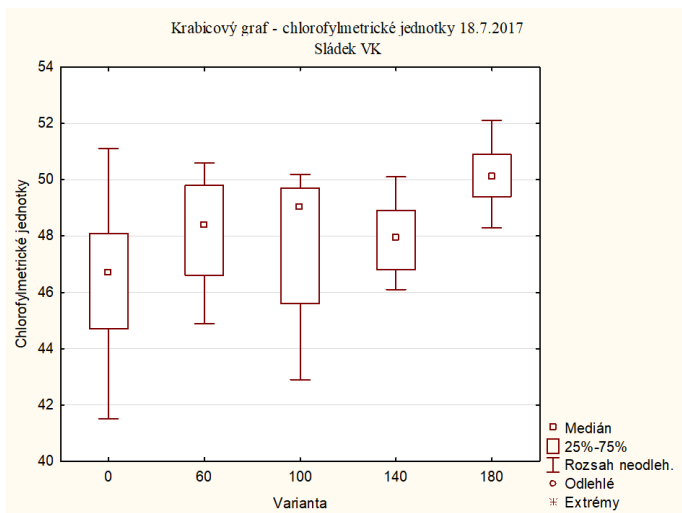
Graf 131: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 5. 6. 2017.



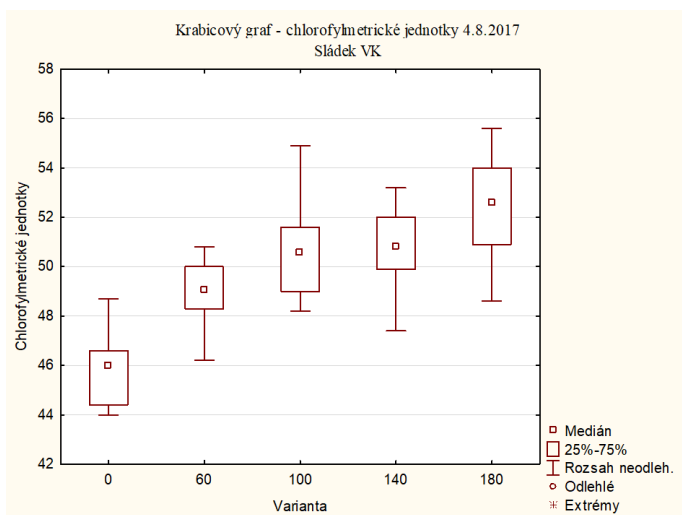
Graf 132: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 19. 6. 2017.



Graf 133: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 3. 7. 2017.



Graf 134: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 18. 7. 2017.



Graf 135: Statistické rozložení SPAD hodnot Sládka na VK z 4. 8. 2017.