

## SULPHUR AND ITS EFFECT ON GRAIN YIELD AND QUALITY OF MALTING BARLEY

### SÍRA A JEJÍ VLIV NA VÝNOS A KVALITU SLADOVNICKÉHO JEČMENE

**Syrová H., Ryant P.**

Department of Agrochemistry, Soil Science, Microbiology and Plant Nutrition, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: xsyrova@node.mendelu.cz

---

#### ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate the effect of foliar applications of sulphur to grain yield, N substances content and the content of dimethylsulfid (DMS) and its precursors (PDMS) in the grain of malting barley. The observation was realized by form of small plot field experiment with six varieties of malting barley. Three varieties for Czech beer production (Aksamit, Bojos, Radegast) and three varieties for export (Jersey, Prestige, Sebastian). Sulphur was applied as foliar elementary micronized sulphur with bentonit in the DC 31 and DC 57. Effect of sulphur on grain yield, N substances and sulphur content of the grain in the front grain (above 2.5 mm) did not show statistically significant. The content of dimethylsulfid (DMS) and its precursor (PDMS) was not increased by sulphur applications. Higher content of PDMS was determined in the varieties for Czech beer production. Export varieties reached lower values. No variety exceeded the limit set for the production of malt.

**Key words:** malting barley, sulphur, DMS, PDMS, grain yield

**Acknowledgments:** Grant No. 1G58038 Innovation of Growing Technologies of Malting Barley for Development of Diagnostic Methods to Evaluation Stand Structure, Health and Nutritional Status and No. 1M0570 Research Center for the Study of Substances Contained in the Barley and Hops.

## ÚVOD

Správná výživa sírou pozitivně ovlivňuje nejen výši výnosu, ale i kvalitu celkové produkce zrna sladovnického ječmene. Síra je významným esenciálním makroelementem s důležitou rolí v rostlinném metabolismu. Nedostatek vede ke snížení výnosu a nepříznivě ovlivňuje i technologickou kvalitu zrna sladovnického ječmene. Donedávna zajišťovala dostatečný přísun síry aplikace mnoha běžných hnojiv a emise z atmosféry. Podle posledních údajů ČHMÚ z roku 2010 činí depozice síry na území České republiky přibližně 6,6 kg S/ha. Na některých územích, jako jsou například Krušné hory s část Šumavy jsou depozice vyšší než je daný průměr. Naopak zhruba na jedné čtvrtině území jsou depozice síry po 5 kg/ha. Do této skupiny patří i Jihomoravský kraj. Ječmen jarní potřebuje na produkci tuny zrna 4,2 kg síry pro dosažení požadovaného výnosu a kvality (Richter et al., 2006). Sladovnický ječmen bývá často pěstován na lehkých půdách. Ty bývají na deficit síry náchylnější než půdy střední a těžké (Kohoutek et al., 1995). Důležitým faktem je, že aplikace síry může snížit obsah dusíkatých látek v znu. Děje se tak díky zředovacímu efektu jako důsledku zvýšení výnosu zrna. Dle některých autorů může přihnojením sírou v pozdější fázi vývoje rostliny dojít ke zvýšení obsahu síry v předním znu, což se odráží na výsledné kvalitě zrna sladovnického ječmene. Ta vychází z celého komplexu vlastností zrna, jako je obsah sacharidů a bílkovin, struktura endospermu, aktivita hydrolytických enzymů během sladování a skladba buněčné stěny. V případě nedostatečné sírné výživy může dojít k redukci velikosti zrn a s tím spojené snížení energie klíčení vyprodukovaného zrna (McGrath et al., 2002). Dochází také ke změnám ve složení bílkovin v znu ječmene (Schewry et al., 2001). Snižuje se obsah na síru bohatých B a D hordeinu a zvyšuje se obsah na síru chudých C hordeinů. B a D hordeiny jsou hlavními složkami gelové bílkovinné frakce, které jsou během klíčení degradovány a slouží jako substrát pro syntézu bílkovin rostoucího embrya (Schewry et al., 2011). Síra ovlivňuje i kvalitativní parametry vyráběného piva, ovlivňuje například diastatickou mohutnost, aktivitu alfa-amylázy, friabilitu a obsah beta-glukanů v mladině. Za určitých podmínek mohou vznikat sloučeniny, které nepříznivě ovlivňují senzorickou kvalitu piva. Patří k nim např. dimethylsulfid (DMS) a jeho prekurzory (PDMS). Dimethylsulfid je v pivu produkován ze svých prekurzorů S-methylmethioninu (SMM) a dimethylsulfoxidu (DMSO). Během sušení sladu je produktem rozkladu SMM. Podle Zhaa et al. (2006) aplikace síry ke sladovnickému ječmeni průkazně zvyšuje koncentraci SMM v sušeném sladu. Optimální koncentrace DMS i PDMS ve sladu nejsou zcela přesně dané. Na jejich stabilitu a následnou syntézu dalších látek má vliv pH, teplota a doba vaření mladiny i další přidané suroviny. Mimo sladu může být zdrojem také chmel nebo pivovarské kvasnice. Přesné koncentrace se stanovují až ve finálním výrobku. Kosař a Procházka (2000)

udávají že, při překročení koncentrace 50  $\mu\text{g/l}$  dochází ke zhoršení sensorických vlastností piva, k ovlivnění chuti a pěnivosti. Naopak Basařová a kol. (2010) udává jako sensoricky nepříznivou hodnotu 100  $\mu\text{g/l}$ . Při této koncentraci pivo získává dokazatelně mladinovou až zeleninovou příchut'. U světlý sladů se obsah DMS pohybuje v rozmezí 2 -15 mg/kg a u tmavých sladů 1 – 3 mg/kg DMS. Vyšší koncentrace DMS je žádoucí a je charakteristická pro výrobu piva typu ležák (Hřivna, Gregor, 2010). Cílem práce je zhodnocení vlivu síry, přidané foliárně během vegetace na výnos a sladovnickou kvalitu. Hlavním ukazatele kvality je pak obsah dusíkatých látek v zrna a obsah prekurzorů dimethylsulfidu (PDMS) a dimethylsulfidu (DMS) ve sladu.

## MATERIÁL A METODIKA

Problematika sirmé výživy u sladovnického ječmene byla řešena formou maloparcelkového polního pokusu na polní pokusné stanici Obora Školního zemědělského podniku v Žabčicích v roce 2011. Lokalita spadá do kukuričného výrobní oblasti. Dlouhodobý průměr srážek a teplot a aktuální stav na této lokalitě v roce 2011 udává obrázek 1. Agrochemické vlastnosti půdy před založením pokusu udává tabulka 1. Obsah přístupného P, K, Ca a Mg je stanoven ve výluhu Mehlich III. Obsah vodorozpustné síry potom ve vodném výluhu v poměru 1:5. Výměnná půdní reakce na pokusné stanici byla neutrální. Obsah přístupného fosforu a draslíku je dobrý, obsah vápníku vysoký, hořčiku velmi vysoký a obsah vodorozpustné síry je nízký.

Tab. 1 Agrochemické zkoušení půd před založením (středně těžká půda)

pH/CaCl <sub>2</sub>	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	N <sub>min</sub> (mg/kg)	S vodoroz. (mg/kg)
7,08	113	211	4396	394	7,94	3,67

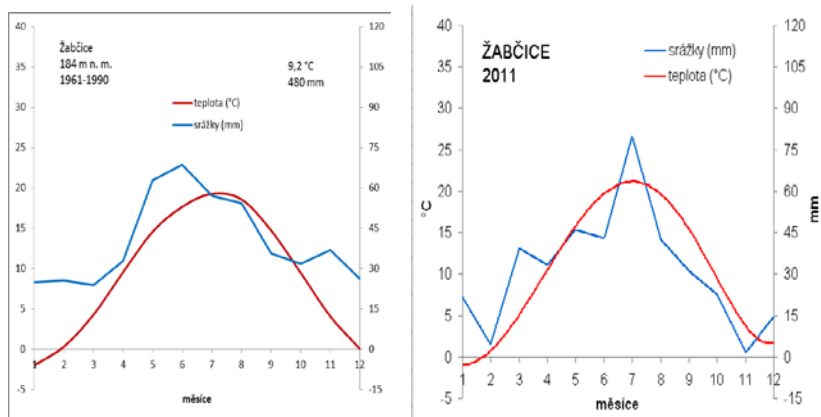
Pokus byl založen se šesti odrůdami sladovnického ječmene. Použity byly odrůdy pro výrobu Českého piva - Aksamit, Bojos a Radegast a odrůdy exportní – Jersey, Prestige a Sebastian. Vysety byly vždy ve třech opakováních, bezzbytkovým maloparcelkovým secím strojem Wintersteiger s výsevkem 4 MKS. Před setím byla provedena jednotná aplikace dusíkem v dávce 30 kg/ha v LAV. Síra byla aplikována foliárně ve formě suspenze mikronizované elementární síry s bentonitem (80 %). Do pokusu byly zařazeny následující varianty hnojení: 1. Sírou nehnojená kontrola, 2. Síra aplikovaná v DOLOSUL 80 WG v DC 31, 3. Síra aplikovaná v DOLOSUL 80 WG v DC 57. Termíny jednotlivých zásahů pokusu udává tabulka 2. Předplodinou byla jarní pšenice. Po sklizni byl stanoven výnos zrna, přepočten na 14% sušinu, obsah dusíkatých látek, obsah síry v přepadu zrna na síť 2,5 mm, obsah dimethylsulfidu (DMS) a jeho prekurzorů

(PDMS). Výsledná data byla zpracována vícefaktorovou analýzou variance s využitím softwaru STATISTICA version 10.0 a následným testováním pomocí Tuckeyova testu významnosti rozdílů.

Tab. 2 Agrotechnické zásahy v pokusu

datum	operace
24.3.2010	výsev
29.3.2010	hnojení LAD
30.4.2010	aplikace herbicidu LINTUR
9.5.2010	aplikace S v DOLOSDULU
20.5.2010	aplikace herbicidu PUMA EXTRA
24.5.2010	aplikace fungicidu ARCHER TOP
8.6.2010	aplikace S v DOLOSDULU
19.7.2010	sklizeň

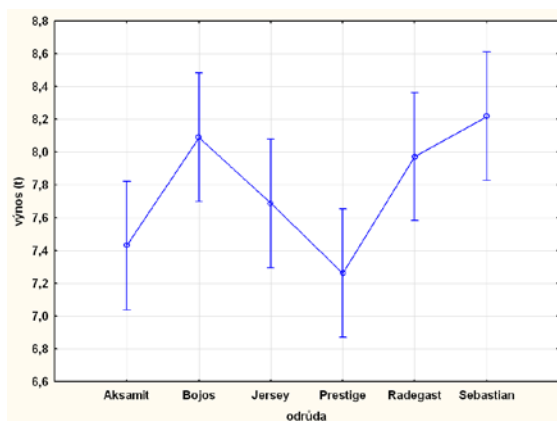
obr. 1 Průběh teplot a srážek na pokusné lokalitě (dlouhodobý normál a rok 2011)



## VÝSLEDKY A DISKUZE

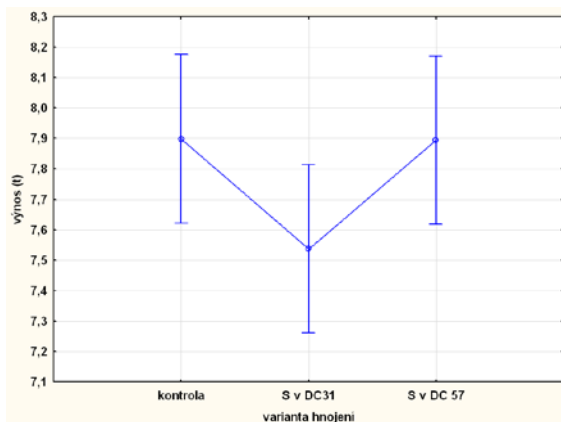
**Výnos zrna** ječmene jarního se v roce 2011 pohyboval v rozmezí 7,0 – 8,2 t/ha. Hnojení sírou v DC 31 i v DC 57 výsledný výnos zrna statisticky významně neovlivnilo. Graf 1 uvádí průkazné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami. Statisticky průkazný byl rozdíl mezi odrůdami Sebastian a Prestige. Mezi ostatními odrůdami nebyl rozdíl statisticky průkazný. Nejvyššího výnosu dosáhla odrůda Sebastian (8,2 t/ha), nejnižšího pak Prestige (7,3 t/ha). Výnos je v kombinaci s optimální agrotechnikou a výživou odrůdová vlastnost. Za rozdíly mezi jednotlivými odrůdami může velikost kořenového systému, která je řízena geneticky (Chloupek, Dostál, 2006).

Graf 1. Vliv odrůdy na výnos zrna



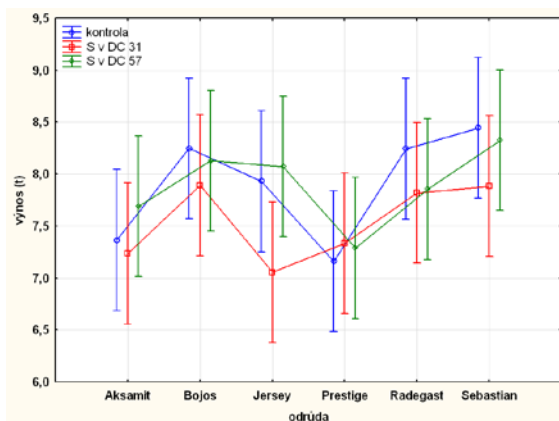
Jak vyplývá z grafu 2, výnos zrna byl po přihnojení sírou v DC 31 nejnižší. Shodné závěry uvádí i Hřivna a Gregor (2010) a Babiánek a Ryant (2009). Důvodem mohou být srážky, které přišly bezprostředně po aplikaci síry (30 mm cca 4 h po aplikaci), což nebyl dostačující čas pro její optimální využití. Jak nasvědčují výsledky z předešlých let, aplikace síry v DC 31 může být pro rostlinu stresující. Sladovnický ječmen pak reaguje snížením výnosu. Aplikace v DC 57 už snížení výnosu nezpůsobuje. Rozdíly mezi dosaženými výnosy jsou však statisticky nevýznamné.

Graf 2. Vliv aplikace síry na výnos zrna



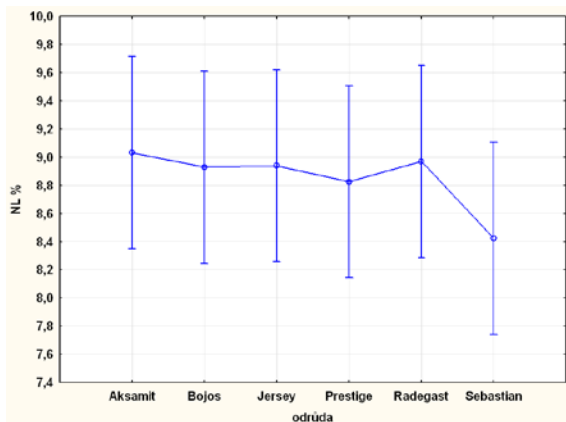
Interakce mezi sledovanými faktory, tedy mezi výnosem, odrůdou a variantou hnojení sírou ukazuje graf 3.

Graf 3 Vliv odrůdy a aplikace síry na výnos zrna



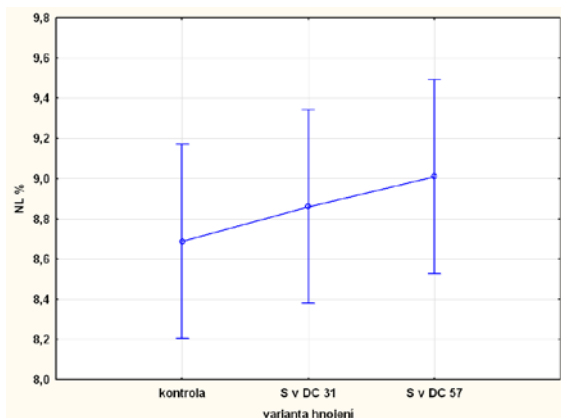
Nejvyšší obsah dusíkatých látek byl u odrůdy Aksamit (9,1%), nejnižší u odrůdy Sebastian (8,4%). Rozdíly mezi odrůdami však nebyly statisticky průkazné (graf 4).

graf 4 Vliv odrůdy na obsah dusíkatých látek



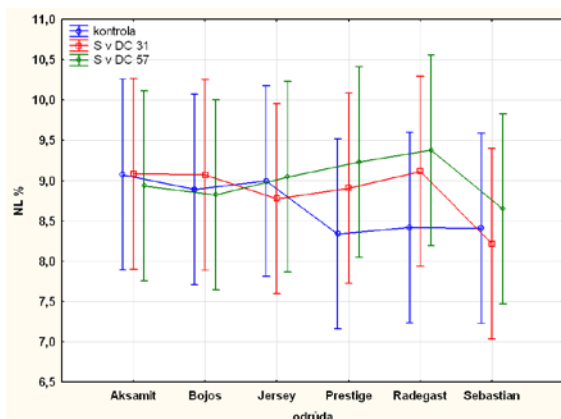
Podle ČSN 46 11 00 – 5 je požadován obsah dusíkatých látek v zrně v rozmezí 10,5 – 11,5 %. Hladina obsahu dusíkatých látek se váže i na ostatní sledované znaky sladu. U všech sledovaných odrůd byl obsah dusíkatých látek velmi nízký. Ani nejvyšší dosažená hodnota 9,1% u odrůdy Aksamit nedosahuje dolní hranice pro sladovnickou využitelnost. Mohlo se tak stát díky vyšším výnosům, kdy díky zředřovacímu efektu byl dusík využit na tvorbu zrna a obsah dusíkatých látek se tak propadl až pod hranici sladovnické využitelnosti, což je podle Vaňka (2007) stále častější jev. Pokles dusíkatých látek v zrně pod 9 % udává také Kosař (2000). Taková zrna ječmene jsou, z důvodu technologických problémů, sladovnickě nevyužitelná.

Graf 5 Vliv aplikace síry na obsah dusíkatých látek



Graf 6 znázorňuje interakce všech sledovaných faktorů. Vyplyvá z něj, že nevyšší obsah dusíkatých látek měla odrůda Radegast po aplikaci síry v DC 57.

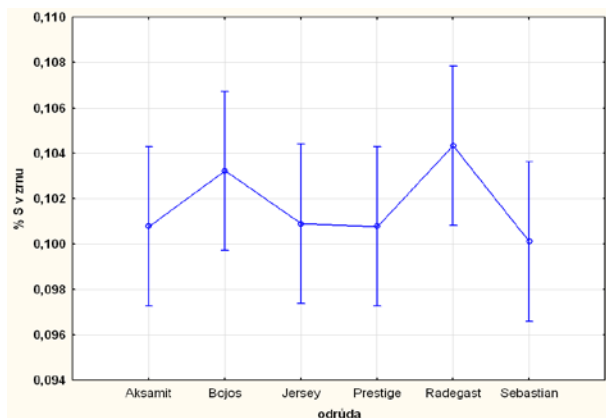
graf 6 Vliv odrůdy a aplikace síry na obsah dusíkatých látek





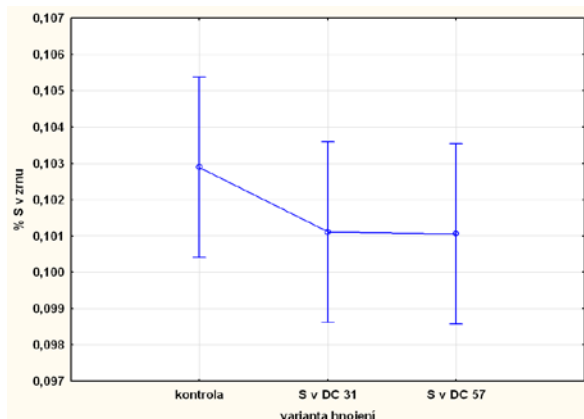
I když obsah síry v přeřadu zrna na síť (>2,5 mm) není přímo odpovědný za nepříznivé chutě a vůně piva, za určitých podmínek mohou vznikat sensoricky aktivní látky, které znehodnotí konečný produkt. Proto je obsah síry tolik diskutovaným tématem z hlediska sladovnické kvality. Obsah síry v zrně ječmene závisí na odrůdě, ale také na klimatických podmínkách a zvolené technologii pěstování. U sladu pak závisí obsah celkové síry na zvolené technologii sladování (Kosař, 2000). Obsah síry patří k jednému z charakteristických znaků rozdělovací odrůdy sladovnického ječmene na exportní a odrůdy Českého piva (graf 7). Mezi odrůdy exportní patří Jersey, Prestige a Sebastian, u kterých je nižší obsah síry v předním zrně přínosem. Naopak je tomu u odrůd pro výrobu Českého piva, kam patří Aksamit, Bojos a Prestige. U těchto odrůd je vyšší obsah síry žádoucí, protože je při určité koncentraci považován za aromatickou složku ležáků (Mikulíková 2010, Kosař a Procházka 2000).

Graf 7 Vliv odrůdy na procentuální obsah síry v přeřadu zrna na síť (2,5 mm)

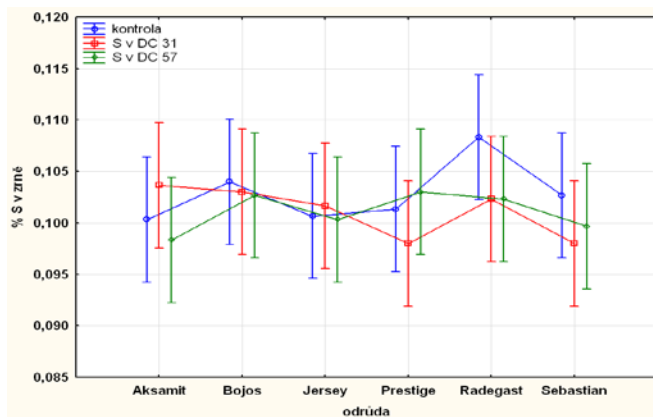


Obsah síry v zrně se nezvýšil ani v jedné variantě hnojení sírou. Jak potvrzuje Hřivna (2010) a Zhao et al.,(2006) nedochází po aplikaci síry ani v pozdějším termínu aplikace síry (DC 57) k jejímu zvýšení a tím k narušení sladovnické kvality (graf 8). Síra v zrně se tedy nekumuluje.

Graf 8 Vliv aplikace síry na procentuální obsah síry v přepadu zrna na síť (2,5 mm)



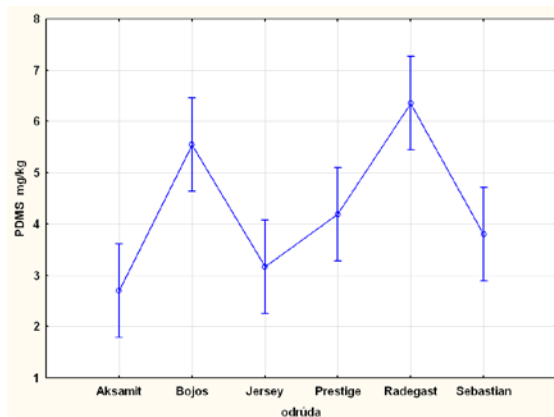
Graf 9 Vliv odrůdy a aplikace síry na procentuální obsah síry v přepadu zrna na síť (2,5 mm)



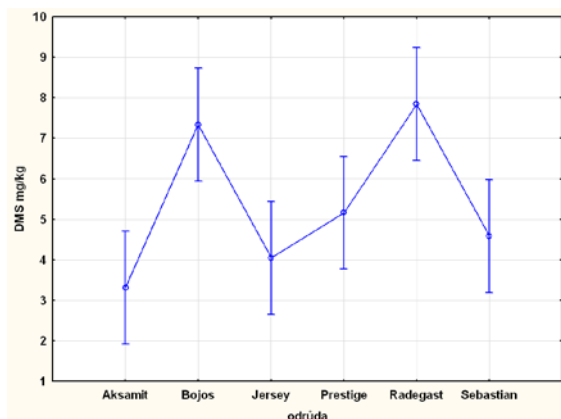
Na dimethylsulfidy (DMS) a jeho prekurzory (PDMS) je jako na sírné sloučeniny upřena pozornost z hlediska narušení kvality piva nežádoucími vůněmi a chutěmi. Jejich obsah je velmi variabilní, pohybuje se v rozmezí jednotek až stovek. Síra obsažená v zrně sladovnického ječmene není jejich jediným zdrojem. Záleží na použité technologii a surovinách, typu piva a použitém sladu. I proto není na obsah prekurzorů dimethylsulfidu (PDMS) a dimethylsulfidů (DMS) v pivu mezi odborníky jednotný názor. Například Mikulíková (2010) udává rozsahu 35–40 µg/l, Kosař a Procházková (2000) udávají jako limitující obsah 50 µg/l. Basařová (2010) uvádí jako limitující

koncentraci 100  $\mu\text{g/l}$ . V případě sladu je situace podobná. Basařová (2010) udává maximální koncentraci 6  $\text{mg/l}$ . Hřivna a Gregor (2010) pak rozdělují přípustné koncentrace podle typu sladu, u světlého sladu 2 – 15  $\text{mg/l}$  a u tmavého 1 – 3  $\text{mg/l}$ . Graf 10 a 11 udává obsah PDMS a DMS, kdy nevyšší obsah PDMS a tím i DMS by zjištěn byl u odrůdy Radegast a Bojos. Obě to jsou odrůdy pro výrobu Českého piva.

Graf 10 Vliv odrůdy na obsah PDMS ve sladu



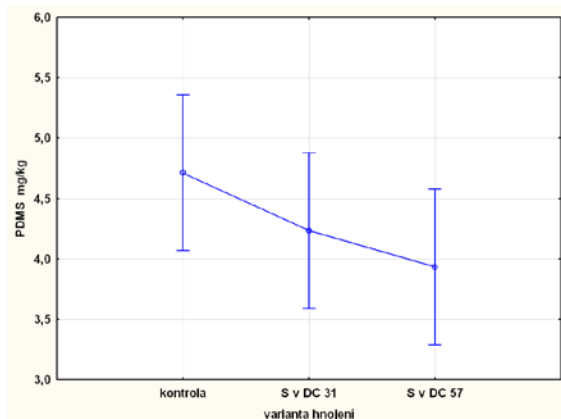
Graf 11 Vliv odrůdy na obsah DMS ve sladu



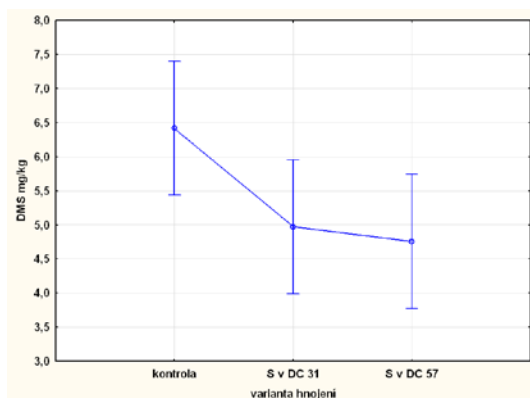
Limitující koncentrace PDMS i DMS jsou zjišťovány až v konečném produktu, proto jsou koncentrace ve sladu pouze orientační. Jejich obsah se může měnit i během vaření piva. Může dojít ke snížení, ale i ke zvýšení obsahu. Jejich zdrojem mohou být i pivovarské kvasnice, chmel nebo použitá technologie a kontaminace z okolí. Z našich prozatímních výsledků nevyplývá, že po přihnojení sírou nedojde ke zvýšení obsahu PDMS a tím i DMS. Je tomu naopak. Obsah obou

klesal s přidáním síry jak v DC 31 tak i v DC 57 a splňují limit pro tmavý slad (graf 12,13). Srovnání celkového vlivu hnojení sírou a vlivu odrůdy uvádí graf 14 a 15.

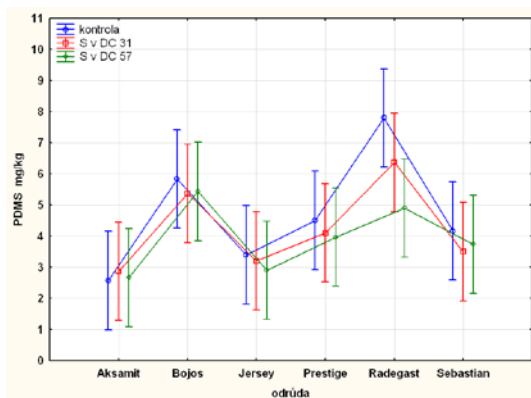
Graf 12 Vliv aplikace síry na obsah PDMS ve sladu



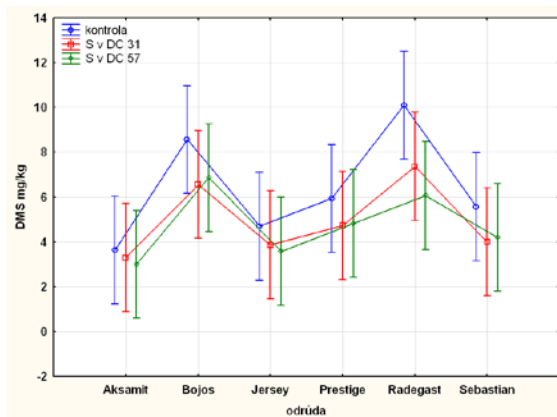
Graf 13 Vliv aplikace síry na obsah DMS ve sladu



Graf 14 Vliv odrůdy a aplikace síry na obsah PDMS ve sladu



Graf 15 Vliv odrůdy a aplikace síry na obsah DMS ve sladu



## ZÁVĚR

Na celkový výnos zrna nemělo přihnojení sírou statisticky průkazný vliv.

Obsah dusíkatých látek nebyl statisticky průkazně ovlivněn odrůdou ani variantou přihnojení sírou. Obsah dusíkatých látek byl celkově nízký a nevyhovoval optimálnímu rozpětí obsahu dusíkatých látek pro sladovnické využití.

Aplikace síry neovlivnila průkazně obsah síry v zrně. Nedocházelo tedy k akumulaci síry v zrně a tím ke zhoršení sladovnické kvality.

Na obsah DMS a PDMS nemělo přihnojení sírou statisticky průkazný vliv a nedocházelo ke zvyšování jejich obsahu. Potvrdila se odrůdová variabilita mezi odrůdami Českého piva a exportními odrůdami. Odrůdy Českého piva dosahují větší koncentrace DMS a PDMS oproti exportním, což je u nich žádoucí vzhledem ke specifikám konečného produktu.

## LITERATURA

Chloupek O., Dostál V. (2006): Sladová kvalita a tolerance linií ječmene ke stresu ovlivněná velikostí kořenového systému. In: Sborník příspěvků konference „Mendelnet 2006“, MZLU v Brně str. 25.

Babiánek P., Ryant P., Vavrušková P. (2009): Výnos a kvalita sladovnického ječmene po aplikaci různých forem síry. In: Sborník z konference „Sladovnický ječmen – regulace tvorby výnosu a kvality“. Sborník konference „Sladovnický ječmen – regulace tvorby výnosu a kvality“ str. 58 -59.

Basařová G., Šavel J., Basař P., Lejsek T. (2010): Pivovarnictví, teorie a praxe výroby piva. VŠCHT Praha, 904 s.

Hřivna L., Gregor T. (2010): Role síry při tvorbě a výnosu zrna ječmene jarního, parametrů jakosti sladu a PDMS: Kvasný průmysl, 56(2): 69 – 73

Hřivna L., (2010): Habilitation Thesis MENDELU, Brno, 197 s.

Kosař K., Procházka S. (2000): Technologie výroby sladu a piva, VÚPS, Praha, 398 s.

McGrath S. P., Zhao F., Blake-Klaff M. M. A. (2002): Sulphur in Soil. Process, Behaviour and Measurement. Proceeding 499. York. International Fertilizer Society, 26.

Mikulíková R. (2010): Studium vybraných typů sirných látek v pivu a pivovarských surovinách. Disertační práce, Vysoké učení technické v Brně, Brno, 111 s.

Shewry, P. R., Tatham, A. S., Halford, N. G. (2001): Nutritional control of storage protein synthesis in developing grain of wheat and barley. *Plant Growth Regulation*, 34(1): 105-111

Zhao F., J., Fortuna S., Barbosa V., L., McGrath S., P., Stobart R. Bilsborrow P. E., Booth E. J., Brown A., Robson P. (2006): Effects of sulphur on yield and malt quality of barley. *Journal of Cereal Science*, 43(3): 369 - 377

---

Grzebisz W., Przygocka-Cyna K. (2007): Spring malt barely response to elemental sulphur - the prognostic value of N and S concentrations in malt barley leaves. *Plant, Soil and Environment*, 53(9): 388 - 394.