
EFFECT OF SULFUR APPLICATIONS ON GRAIN YIELD, NITROGEN SUBSTANCES CONTENT, DIMETHYLSULFID AND ITS PRECURSORS IN MALTING BARLEY

Syrová H., Ryant P.

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

E-mail: hana.syrova@mendelu.cz

ABSTRACT

The aim of this work was to assess the influence of foliar application of sulfur on the grain yield and content of nitrogen substances in the grain malting barely, after that content of precursors of dimethylsulfide (PDMS) and dimethylsulfide (DMS) in malt. The observation was realised by form of small plot of the field experiment with six varieties of malting barley. Three varieties of the Czech beer Aksamit, Radegast, Bojos and free varieties for export Jersey, Prestige and Sebastian. Sulfur was applied as foliar elementary micronized sulfur with bentonite in the DC 31 and DC 57. Nitrogen in the form of ammonium nitrate with limestone was applied together with sulfur. Effect of sulfur on the grain yield did not show significantly. Nitrogen substances content in grain was significantly reduced after application of sulfur. This offers a possibility of solving the problem of nitrogen fertilization of barley for malting purposes. Percentage values of sulfur in the above grain (2,5 mm) statistically insignificant. Sulfur was not accumulated in the grain even the later date applications. Content of dimethylsulfide precursors (PDMS) and dimethylsulfide (DMS) in malt rises in various terms of sulfur applications, but the differences were not statistically significant. Higher content was observed in the varieties for production of Czech beer. Higher DMS and PDMS content in these varieties is not a problem, because the type of end product. Export varieties reached lower value. The limiting value of PDMS content in malt (6mg/kg) were not exceeded for any variety. The contents of the nitrogen substances in grain, PDMS and DMS content in the malt were markedly influenced by the variability of varieties.

Key words: malt barley, sulphur, dimethylsulfid, grain yield, N-substances

Acknowledgement: 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

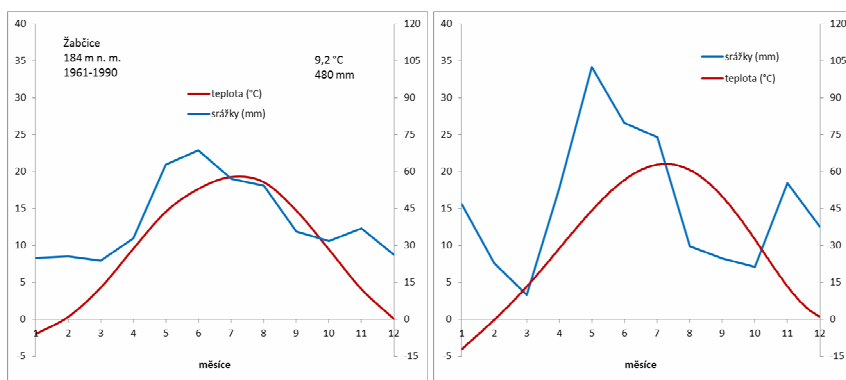
Síra je významným esenciálním makroelementem s důležitou rolí v rostlinném metabolismu. Její nedostatek vede ke snížení výnosu a nepříznivě ovlivňuje i technologickou kvalitu zrna sladovnického ječmene. Dostatečný přísun síry byl donedávna zajišťován aplikací mnoha běžných hnojiv a atmosférickou depozicí. Podle posledních údajů ČHMÚ činí depozice síry 5-10 kg/ha na 95 % území České republiky. Na čtvrtině území byly zjištěny depozice síry pod 5 kg/ha. Na produkci jedné tuny zrna ječmene jarního je třeba 4,2 kg síry. Kvalita sladu je hodnocena dle úrovně modifikace buněčných stěn, obsahu dusíkatých látek, škrobu a enzymů. Bylo prokázáno, že nedostatečná sírná výživa má vliv na složení bílkovin v zrně ječmene (Shewry at al. 2001). Dochází ke snížení obsahu na síru bohatých B a D hordeinů a ke zvýšení obsahu na síru chudých C hordeinů. Důležitým faktem je, že aplikace síry může snížit obsah dusíku v zrně díky zředovacímu efektu jako důsledku zvýšení výnosu zrna. Síra má vliv i na kvalitativní parametry vyráběného piva. Například na diastatickou mohutnost, aktivitu alfa-amylázy, friabilitu a obsah beta-glukanů v mladině. Za některých podmínek mohou vznikat sloučeniny, které nepříznivě ovlivňují senzorickou kvalitu piva. Patří k nim např. dimethylsulfid (DMS) a jeho prekurzory (PDMS). Optimální koncentrace DMS i PDMS ve sladu nejsou zcela jasné, protože na jejich stabilitu a následnou syntézu dalších látek má vliv pH, teplota a doba vaření mladiny i další přidané suroviny. Jejich zdrojem může být i chmel a pivovarské kvasnice. Přesné koncentrace se stanovují až ve finálním výrobku. Kosař a Procházka (2000) udávají že, při překročení koncentrace 50 µg/l dochází ke zhoršení senzorických vlastností piva, k ovlivnění chuti a pěnivosti. Naopak Basařová a kol. (2010) udává jako senzoricky nepříznivou hodnotu 100 µg/l. V této koncentraci pivo získává dokazatelně mladinovou až zeleninovou příchut'. U piva Českého typu je používán tzv. světlý slad s obsahem DMS 2 -15 mg/kg a tmavý slad s obsahem DMS 1 – 3 mg/kg (Hřivna, Gregor, 2010). DMS je v pivu produkován ze svých prekurzorů S-methylmethioninu (SMM) a dimethylsulfoxidu (DMSO) ve sladu, později je také produktem rozkladu SMM během sušení sladu. Cílem práce je zhodnocení vlivu síry, přidané k dusíkatému hnojení na výnos a sladovnickou kvalitu. Hlavním ukazatelem obsah dusíkatých látek v zrně a obsah prekurzorů dimethylsulfidu (PDMS) a dimethylsulfidu (DMS) ve sladu.

MATERIÁL A METODIKA

Experiment probíhal v roce 2010 na polní pokusné stanici Obora Školního zemědělského podniku v Žabčicích, který spadá do kukuřičné výrobní oblasti. Dlouhodobý průměr srážek a teplot a aktuální stav v roce 2010 na této lokalitě ukazuje obr.1. Problematika byla řešena formou maloparcelkového polního pokusu s šesti odrůdami sladovnického ječmene. Použity byly odrůdy Českého piva - Aksamit, Bojos a Radegast a odrůdy pěstované hlavně pro export – Jersey, Prestige

a Sebastian. Vlastnosti půdy před založením pokusu a časový harmonogram uvádí tabulka 1 a 2. Jednotlivé varianty, tedy 1. sírou nehnojeno, 2. hnojeno sírou v DC 31 a 3. hnojeno sírou v DC 55, byly vysety vždy ve třech opakováních, bezzbytkovým maloparcelkovým secím strojem Wintersteiger s výsevkem 4 MKS. Síra byla aplikována foliárně ve formě suspenze mikronizované elementární síry s bentonitem (80 %) v dávce 8 kg/ha. Všechny varianty byly jednotně hnojeny dusíkem v dávce 40 kg/ha v LAD. Předplodinou byla jarní pšenice. Po sklizni byl stanoven výnos zrna, přepočten na 14 % vlhkost, obsah dusíkatých látek, obsah síry v předním zrnu a obsah dimethylsulfidu (DMS) a jeho prekurzorů (PDMS). Výsledná data byla zpracována vícefaktorovou analýzou variance s využitím softwaru STATISTICA version 9.0 a následným testováním významnosti rozdílů pomocí Tuckeyova testu.

Obr. 1 Průběh teplot a srážek na lokalitě Žabčice (dlouhodobý průměr 1961 – 1990 a 2010)



Tab. 1 Agrochemické vlastnosti půdy před založením pokusu (0 – 30 cm)

		mg/kg					S vodoroz.
N min	pH	P	K	Ca	Mg		
17,42	6,93	111	227	4694	530	11,0	

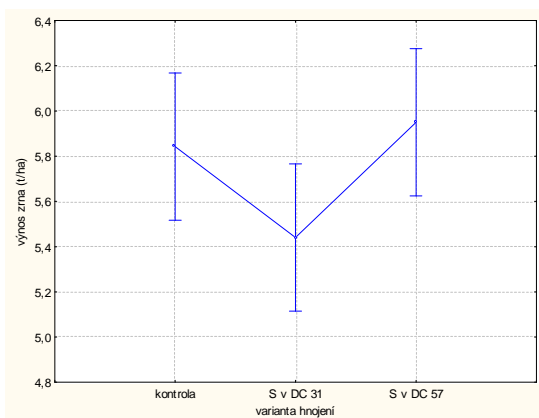
Tab. 2 Časový harmonogram pokusu

datum	operace
25. 3. 2010	výsev
29. 3. 2010	hnojení LAD (40 kg/ha)
28. 5. 2010	aplikace S v DOLOSULU
24. 6. 2010	aplikace S v DOLOSULU
21. 7. 2010	sklizeň

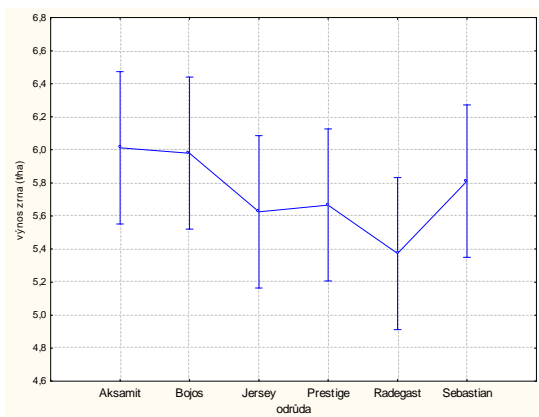
VÝSLEDKY A DISKUZE

Výnos zrna ječmene jarního v roce 2010 se pohyboval v rozmezí 5,03 – 6,07 t/ha. Na celkový výnos nemělo přihnojení sírou v obou fázích vegetace statisticky významný vliv (graf 1). Pravděpodobným důvodem je průběh a rozložení srážek (obr. 1). Těsně po foliární aplikaci síry ve fázi DC 31, která se díky předchozím pokusům jeví jako nevhodnější termín z důvodu zakládání výnosotvorných prvků, spadlo na sledovanou lokalitu 9,1 mm srážek. Vzhledem k pohyblivosti síry v rostlinách, kdy je třeba na začlenění do metabolických pochodů 1 - 2 dny, nebyla síra z této aplikace rostlinami pravděpodobně dostatečně využita. Při aplikaci v DC 57, kdy měla aplikace normální průběh, dochází k nárůstu celkového výnosu. Podobné závěry uvádí i Babiánek a Ryant (2009) a Hřivna a Gregor (2010). Průkazné rozdíly byly zaznamenány mezi jednotlivými odrůdami (graf 2). Výnos je v kombinaci s optimálními pěstebními podmínkami odrůdová vlastnost. Podle Chloupka a Dostála (2006), za rozdíly mezi jednotlivými odrůdami může velikost kořenového systému. Ta je řízena geneticky, konkrétně obsahem genu *mlo*. Interakce mezi sledovanými faktory, tedy odrůdami a termínem aplikace síry, k výnosu ukazuje graf 4. Nejvyšší výnos byl dosažen po aplikaci síry v DC 57 u odrůdy Bojos.

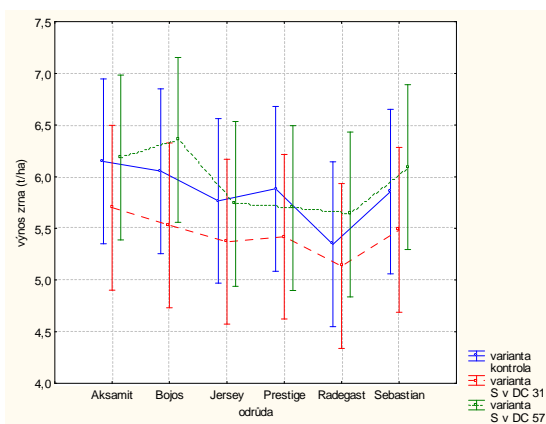
Graf 1 Vliv aplikace síry na výnos zrna



Graf 2 Vliv odrůdy na výnos zrna

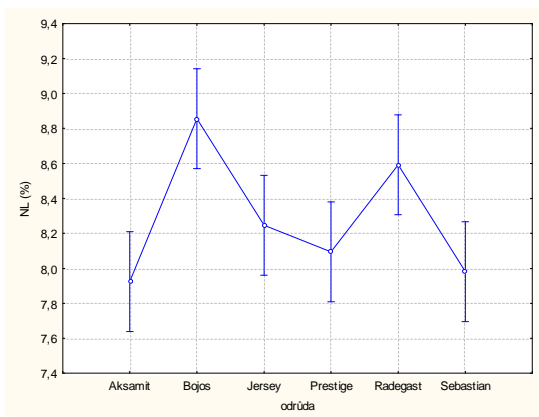


Graf 3 Vliv aplikace síry a odrůdy na výnos zrna

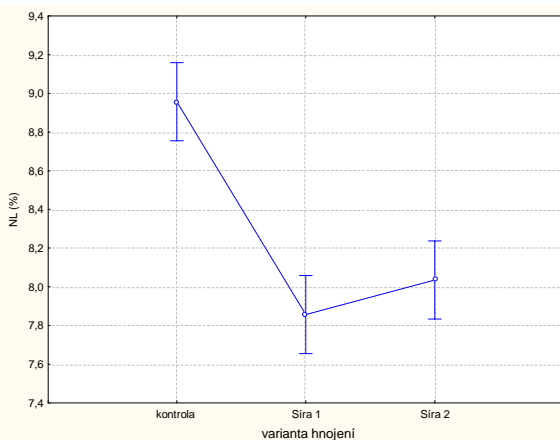


Obsah dusíkatých látek v zru bylo statisticky významně vyšší u odrůdy Bojos a Radegast (graf 4). Při aplikaci síry v obou fázích došlo ke statisticky významnému snížení obsahu dusíkatých látek v zru (graf 5).

Graf 4 Vliv odrůdy na obsah dusíkatých látek v zrně



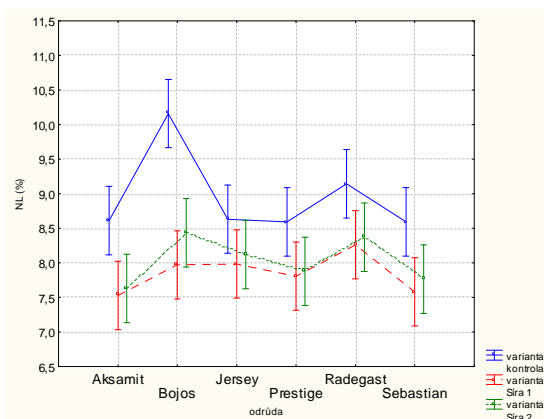
Graf 5 Vliv aplikace síry na obsah dusíkatých látek v zrně



ČSN 46 11 00 – 5 požaduje obsah dusíkatých látek v zrně v rozmezí 10,5 – 11,5 %. U všech sledovaných odrůd, za daného období, byl zjištěn nízký obsah dusíkatých látek v zrně. Hodnoty se pohybovaly v rozmezí 7,88 % u odrůdy Aksamit po 8,90 % u odrůdy Bojos. Průběh sledovaného ročníku byl z hlediska klimatických podmínek atypický, s velkým počtem srážek v první fázi vývoje rostlin. Snížení obsahu dusíkatých látek v tomto roce nebylo prospěšné, protože i nejvyšší obsah dusíkatých látek u odrůdy Bojos 8,9 % nedosahoval dolní hranice pro sladovnickou jakost. Tento ječmen by tedy sladovnickou velmi těžko využitelný. V opačném případě, tedy při

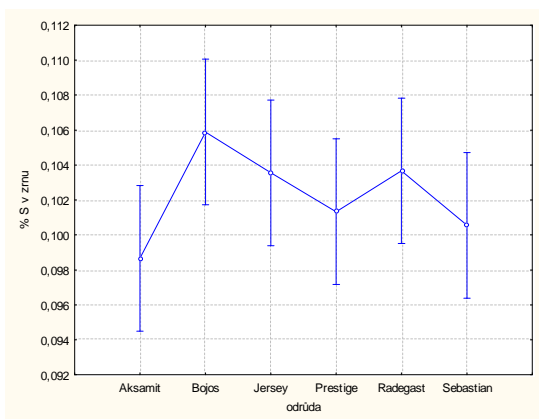
vysokém obsahu dusíkatých látek v zrně, což bývá častý problém aridních oblastí a tím také Žabčic, by byl vliv síry na snížení obsahu dusíkatých látek v zrně více než žádoucí a mohl by pomoci dosáhnout požadované sladovnické kvality z hlediska obsahu dusíkatých látek v zrně. Podobné závěry udává Zhao a Fortuna (2006) a Grzebisz a Cyna-Przygocka (2007). Graf číslo 7 uvádí celkové srovnání faktorů na obsah dusíkatých látek v zrně. Průkazně největší pokles obsahu dusíkatých látek v zrně byl po aplikaci síry v DC 31 u odrůdy Bojos.

Graf 6 Vliv aplikace síry a odrůdy na obsah dusíkatých látek v zrně

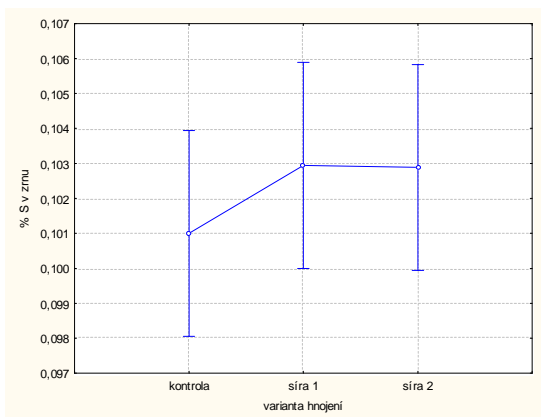


Nejvyšší obsah síry v předním zrně byl zjištěn u odrůdy Bojos a Radegast. Tyto dvě odrůdy patří k odrůdám pro výrobu Českého piva (graf 7). Vyšší obsah síry v zrně u těchto odrůd je žádáný.

Graf 7 Vliv odrůdy na procentuální obsah síry v předním zrně

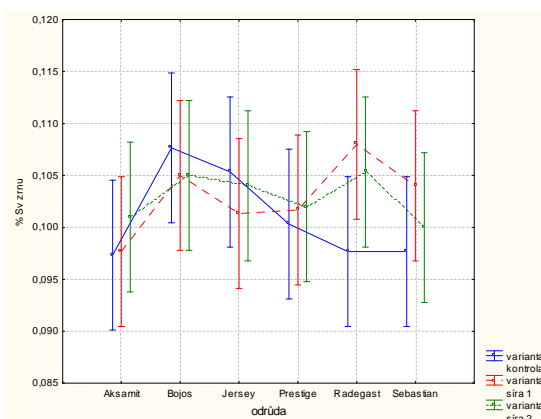


Graf 8 Vliv aplikace síry na procentuální obsah síry v předním zrnu



Jak uvádí Mikulíková (2010) a Kosař a Procházka (2000) je u typů piva ležák, vyráběných z těchto odrůd, potřeba vyšší obsah sírných látek, především dimethylsulfidu, proto není na překážku i vyšší obsah síry v předním zrnu, které slouží jako základní surovina pro sladování. K mírnému zvýšení obsahu síry v předním zrnu došlo po aplikaci síry v obou zkoušených termínech tedy DC 31 a 57. Zvýšení obsahu však nebylo statisticky průkazné (graf 8). Z námi získaných dat vyplývá, že nedochází k velkému nárůstu obsahu síry a tím i zhoršení sladovnické kvality při pozdější aplikaci síry (graf 9).

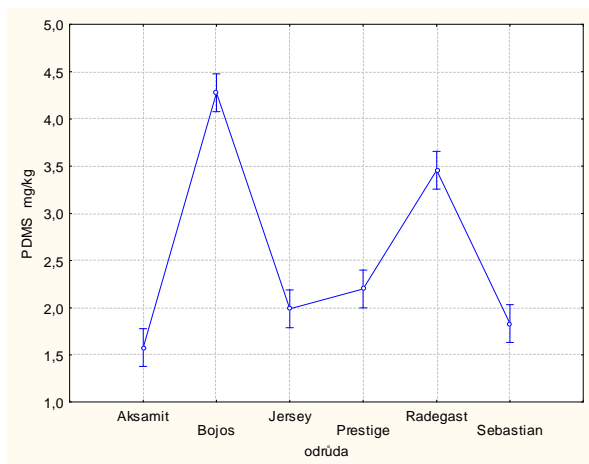
Graf 9 Vliv aplikace síry a odrůdy na procentuální obsah síry v předním zrnu



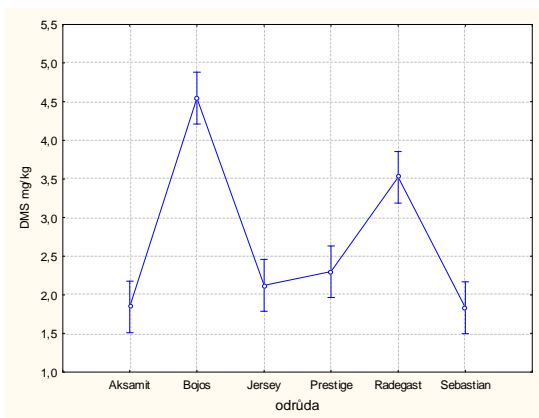
Obsah prekurzorů dimethylsulfidu (PDMS) a vlastního dimethylsulfidu (DMS) v pivo je různými autory uváděn různě. Kosař a Procházka (2000) uvádí, že limitující je obsah 50 $\mu\text{g/l}$. Mikulíková (2010) udává rozsah hodnot 35 – 40 $\mu\text{g/l}$ a Basařová (2010) uvádí jako limitující koncentraci až

100 µg/l. U sladu je dle Basařové (2010) maximální hodnota PDMS 6 mg/kg. Hřivna a Gregor (2010) udává rozmezí hodnot dle typu sladu. Světlý slad v rozmezí hodnot 2 – 15 mg/kg a tmavý 1 - 3 mg/l. Vzhledem k tomu, že limitující koncentrace PDMS a DMS jsou zjišťovány až ve finálním výrobku, jsou koncentrace ve sladu orientační. Během procesu vaření piva může dojít jak ke ztrátě PDMS a DMS, díky používané technologii, tak také ke zvýšení obsahu kontaminací z okolí. Statisticky významný rozdíl v obsahu dimethylsulfidu i jeho prekurzorů se projevil pouze u odrůdy Bojos a u odrůdy Radegast (graf 10 a 11). Obě odrůdy, Bojos i Radegast, vykazují vyšší obsah PDMS i DMS ve sladu, ale nebyla překročena mezní hodnota 6 mg/kg.

Graf 10 Vliv odrůdy na obsah PDMS ve sladu

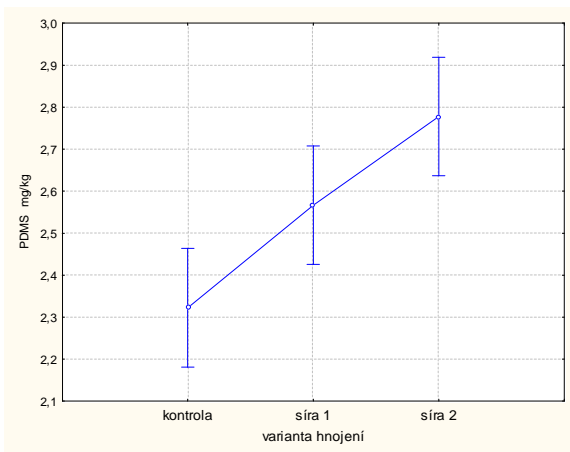


Graf 11 Vliv odrůdy na obsah DMS ve sladu

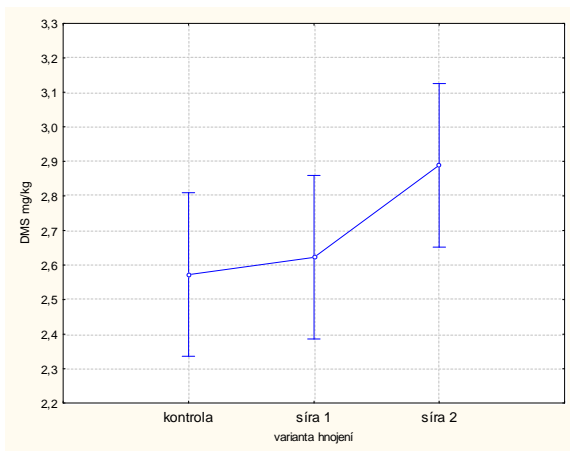


Obsah PDMS i DMS ve sladu narůstá s přidáním síry jak v DC 31 tak i v DC 57. Hodnoty 2,8 mg/kg u PDMS a 2,9 mg/kg u DMS splňují mezní hodnotu pro slad. Podle rozdělení na tmavý a světlý slad, splňují limit pro tmavý slad (graf 12 a 13). Vliv interakce obou faktorů (odrůda a aplikace síry) na obsahu PDMS a DMS ukazuje na vyšší obsah PDMS i DMS u odrůd pro výrobu Českého piva oproti exportním odrůdám. Rozdíly mezi aplikacemi v DC 31 a 57 však nejsou průkazné. Nejvyšších hodnot dosahuje odrůda Bojos v kombinaci s aplikací síry v DC 57 (graf 14 a 15).

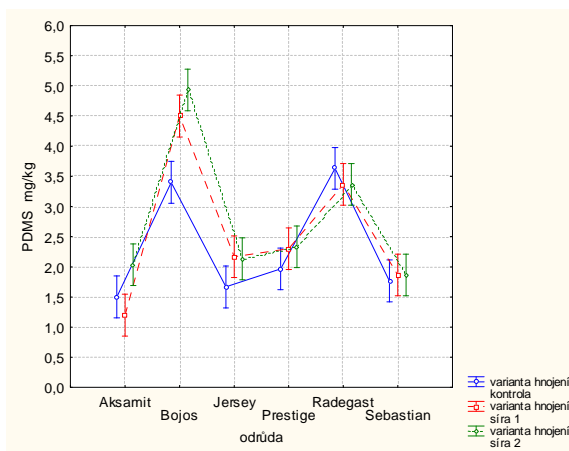
Graf 12 Vliv aplikace síry na obsah PDMS ve sladu



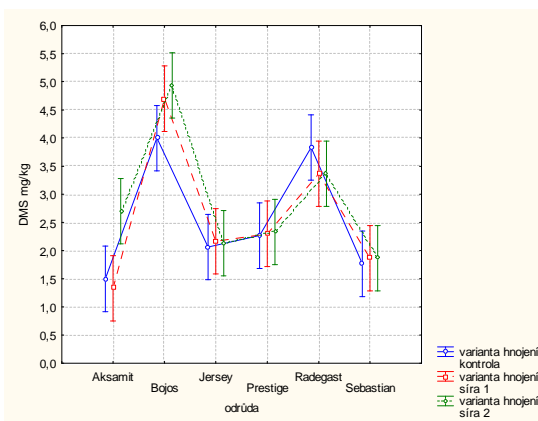
Graf 13 Vliv termínu aplikace síry na obsah DMS ve sladu



Graf 14 Vliv aplikace síry a odrůdy na obsah PDMS zrna



Graf 15 Vliv aplikace síry a odrůdy na obsah DMS zrna



ZÁVĚR

Na celkový výnos zrna neměla aplikace síry statisticky významný vliv.

Obsah dusíkatých látek v zru aplikace síry snižuje, což vzhledem k limitním obsahům dusíkatých látek pro sladovnické účely může mít pozitivní vliv při vyšší úrovni dusíkatého hnojení.

Obsah síry v předním zrně stoupal s každou aplikací, ale nepotvrdila se hypotéza, že při pozdější aplikaci vzroste obsah síry a tím i dimethylsulfidů a jejich prekurzorů nad limitní hodnoty.

Hodnoty obsahu dimethylsulfidů a jeho prekurzorů rostly s obsahem síry. Projevil se zde jasný rozdíl mezi jednotlivými odrůdami sladovnického ječmene, kdy odrůdy určené pro český trh dosahovaly vyšších hodnot než odrůdy exportní. Po aplikaci síry nedošlo k překročení optimální koncentrace PDMS a DMS ve sladu uváděné v literatuře.

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. In: Kvasný průmysl, 56(2): str. 69 - 73

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

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

Zhaoa F., J., Fortuna S., Barbossa V., L., McGrath S., P., Stobartb R. Bilsborrowe P. E., Boothd E. J., Brownw A., Robsonf 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 Environ*, 53(9): 388 - 394.