

# Role síry při tvorbě výnosu zrna ječmene jarního, parametrů jakosti sladu a PDMS

## Role of sulphur in formation of spring barley grain yield, malting quality parameters, and PDMS

LUDEK HRIVNA<sup>1</sup>, TOMÁŠ GREGOR<sup>1</sup>, VIERA ŠOTTNÍKOVÁ<sup>1</sup>, RADIM CERKAL<sup>2</sup>, PAVEL RYANT<sup>3</sup>, JOSEF PROKEŠ<sup>4</sup>, TOMÁŠ RADOCH<sup>1</sup>, PETRA VAVROUŠOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně / Dpt. of Food Technology, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

<sup>2</sup>Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně / Dpt. of Crop Science, Breeding and Plant Medicine, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

<sup>3</sup>Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně / Dpt. of Agrochemistry, Soil Science, Microbiology and Plant Nutrition, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

<sup>4</sup>Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Sladařský ústav v Brně / Research Institute of Brewing and Malting, Plc., Malting Institute in Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno, Czech Republic

e-mail: ludek.hrivna@mendelu.cz

**Hřivna, L. – Gregor, T. – Šottníková, V. – Cerkal, R. – Ryant, P. – Prokeš, J. – Radoch, T. – Vavroušová, P.: Role síry při tvorbě výnosu zrna ječmene jarního, parametrů jakosti sladu a PDMS.** Kvasny Prum. 56, 2010, č. 2, s. 69–73.

V rámci čtyřletých maloparcelních polních pokusů byl ověřován vliv aplikace dusíkatých hnojiv se sírou na vybrané parametry kvality zrna ječmene a sladu se zaměřením na tvorbu prekurzorů dimethylsulfidu (PDMS). Kombinace nižší dávky dusíku (30 kg.ha<sup>-1</sup>) se sírou zvyšovala výnos zrna průměrně o 0,2–0,34 t.ha<sup>-1</sup>; u vyšší dávky dusíku (50 kg.ha<sup>-1</sup>) aplikované společně se sírou narostl výnos v průměru o 0,1–0,2 t.ha<sup>-1</sup>. Potvrdil se příznivý vliv aplikované síry na kvalitu zrna. Síra při nižší úrovni hnojení dusíkem přispěla ke zvýšení výtěžnosti sladařsky využitelného zrna (92,5–94,2 %), stabilizovala obsah škrobu v zrnu ječmene, nevedla ke zvyšování obsahu N látek v zrnu a nezvyšovala obsah PDMS ve sladu, naopak při vyšších dávkách dusíku je snižovala.

**Hřivna, L. – Gregor, T. – Šottníková, V. – Cerkal, R. – Ryant, P. – Prokeš, J. – Radoch, T. – Vavroušová, P.: Role of sulphur in formation of spring barley grain yield, malting quality parameters, and PDMS.** Kvasny Prum. 56, 2010, No. 2, p. 69–73.

Within the four-year small plot field trials, the effect of nitrogen fertilizers containing added sulphur on selected quality parameters of the barley grain and malt was tested. The combination of a lower nitrogen dose (30 kg.ha<sup>-1</sup>) and sulphur increased the grain yield by 0.2–0.34 t.ha<sup>-1</sup> and when the N-dose applied alongside sulphur was higher (50 kg.ha<sup>-1</sup>), the grain yield rose by 0.1–0.2 t.ha<sup>-1</sup>. Positive impact of sulphur application on the grain quality was confirmed. Sulphur combined with a lower level of nitrogen fertilization contributed to the highest yield of the malting grain (92.5–94.2%), it also stabilized the starch content in the barley grain. The sulphur addition did not lead to an immoderate increase of N-substances in the grain; neither did it increase the PDMS content in malt when higher doses of nitrogen were applied.

**Hřivna, L. – Gregor, T. – Šottníková, V. – Cerkal, R. – Ryant, P. – Prokeš, J. – Radoch, T. – Vavroušová, P.: Die Rolle des Schwefels auf die Ertragsbildung der Sommergerste, Parameter der Malzqualität und PDMS.** Kvasny Prum. 56, 2010, Nr. 2, S. 69–73.

Im Rahmen der vierjährigen Feldversuche auf den kleinen Grundstücken wurde der Einfluss von Stickstoffdüngerapplikation mit Schwefel auf ausgewählte Parameter der Gerstenkorn- und Malzqualität mit Schwerpunkt Bildung von DMS Prekursoren (PDMS) getestet. Kombination der niedrigeren Stickstoffdosierung mit Schwefel (30 kg.ha<sup>-1</sup>) hat den Ernte Korn – Ertrag durchschnittlich um 0,2–0,34 t.ha<sup>-1</sup> erhöht, bei der höheren Stickstoffdosierung mit Schwefel (50 kg.ha<sup>-1</sup>) stieg der Ertrag im Durchschnitt um 0,1–0,2 t.ha<sup>-1</sup>. Der günstige Einfluss der Schwefelapplikation auf die Kornqualität wurde bestätigt. Bei der niedrigeren Stickstoffdüngung hat der Schwefel zur Erhöhung des Malzkornertrages (92,5–94,2 %) beigetragen, den Stärkegehalt im Gerstenkorn stabilisiert und weder Gehalt an N-Stoffe im Korn oder Gehalt an PDMS erhöht, im Gegenteil bei höherer Stickstoffdosierung wurden beide Gehalte reduziert.

**Klíčová slova:** ječmen jarní, síra, PDMS, DMS

**Keywords:** spring barley, sulphur, PDMS, DMS

### 1 ÚVOD

Síra patří k významným esenciálním živinám a hraje zásadní roli v rostlinném metabolismu. Její nedostatek vede ke snížení výnosu [1] a negativně ovlivňuje nutriční a technologickou kvalitu zrna ječmene jarního [2, 3]. Se snižováním atmosférických vstupů a změnami v praktikách hnojení se začíná vyskytovat deficit síry v půdě [4, 5, 6]. V případě ječmene, který sklízí odebírá přibližně 15–25 kg.ha<sup>-1</sup> síry [7], není tomuto problému zatím věnována odpovídající pozornost [8, 9, 10].

Potřeba síry pro ječmen je spjata s tvorbou bílkovin a sirných aminokyselin. Pro dosažení vyšší kvality zrna a sladu je doporučeno [11, 12] aplikovat síru i v pozdějších fázích růstu rostlin. To může snížit koncentraci dusíku v zrnu a příznivě ovlivnit extrakt ve sladu a hodnotu Kolbachova čísla [13, 14]. Síra má vliv také na kvalitativní parametry vyráběného piva. Za určitých podmínek mohou vznikat sloučeniny ovlivňující nepříznivě jeho senzorickou kvalitu. Patří k nim např. dimethylsulfid (DMS), produkovaný v průběhu sladování i při výrobě

### 1 INTRODUCTION

Sulphur belongs to essential nutrients and plays a key role in metabolism of plants. Its insufficiency leads to a yield decrease [1] and negatively influences the nutritional and technological quality of the spring barley grain [2, 3]. Sulphur deficiency in the soil has begun to occur together with the decrease of atmospheric inputs and changes in fertilization practices [4, 5, 6]. In the case of barley that uptakes approximately 15–25 kg.ha<sup>-1</sup> of sulphur from harvesting [7], this issue has not been adequately addressed so far [8, 9, 10].

The need of sulphur for barley is connected with the formation of sulphuric amino acids and proteins. It has been recommended to apply sulphur even in later growth phases in order to achieve a better grain and malt quality [11, 12]. This may lower the nitrogen concentration in the grain and favorably affect the extract in malt and the Kolbach index value [13, 14]. Sulphur also influences qualitative parameters of the produced beer. Under certain conditions, compounds negatively influencing the beer's sensoric quality may be produced.

piva z jeho prekurzorů (PDMS). U světlých sladů se hodnota DMS pohybuje v rozmezí 2–15 mg.kg<sup>-1</sup>, u tmavých 1–3 mg.kg<sup>-1</sup> [15].

Hlavním cílem této studie bylo zhodnotit aplikaci dusíkatých hnojiv a hnojiv se sírou jako efektivních nástrojů k dosažení optimálního výnosu a technologické jakosti zrna ječmene s ohledem na produkci PDMS ve sladu.

## 2 MATERIÁL A METODY

Agrochemické vlastnosti půdy před založením pokusu jsou uvedeny v tab. 1.

V letech 2005 až 2008 byla k porostům ječmene jarního (*Hordeum vulgare* L.) odrůdy Jersey dodávána hnojiva s obsahem síry a dusíku ve dvou růstových fázích (DC 13 a DC 31) dle schématu v tab. 2. Blokované pokusy (se čtyřmi opakováními) byly realizovány na lokalitě zemědělského podniku Agropol Velká Bystřice s. r. o. (17°19'–23' v. d. a 49°33'–36' s. š.) po předplodině řepě cukrové se zaoraným chrástem.

Byl stanoven výnos zrna (t.ha<sup>-1</sup>, 14% vlhkost), resp. přepad zrna na síť 2,5 mm (vč. samostatných frakcí 2,5 a 2,8 mm), obsah N látek (dle Kjeldahla) a škrobu (dle Ewerse) v zrna (%) [17] a objemová hmotnost (kg.hl<sup>-1</sup>). U směsných vzorků byl stanoven extrakt v moučce (%) a obsah (mg.kg<sup>-1</sup>) prekurzorů dimethylsulfidu (PDMS). Výsledky byly zhodnoceny analýzou variance a následně testem podle Tukeye ( $\alpha = 0,05$ ) v programu UNISTAT 5.1.

## 3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Ječmen jarní patří k plodinám velmi náročným na podmínky pěstování. Tato skutečnost se odráží zejména v meziročníkové variabilitě výnosů i kvality zrna (tab. 3), zejména obsahu N látek [18].

Nejvyšší průměrný výnos zrna (7,43 t.ha<sup>-1</sup>) byl dosažen po aplikaci síranu amonného a hnojiva SAM (var. 5), nejnižší výnos byl stanoven po aplikaci nižší dávky hnojiva LAV 27 (var. 2). Na vyšší výnosu měla pozitivní vliv i dávka dusíku v dusíkatém hnojivu (obr. 1).

One of these compounds is, for example, dimethylsulphide (DMS) produced during the malting process and also in the course of the beer production from its precursors (PDMS). In light-coloured malts, the DMS value ranges from 2–15 mg.kg<sup>-1</sup>, in dark malts, the range is 1–3 mg.kg<sup>-1</sup> [15].

The main aim of this study was to evaluate the efficacy of the nitrogen fertilizers application and treatments with fertilizers containing sulphur in regard to achieving optimal yield and technological quality of the barley grain with a view to the PDMS production in malt.

## 2 MATERIAL AND METHODS

Agrochemical characteristics of soil prior experiment establishment shows Tab. 1.

In 2005 till 2008, the spring barley (*Hordeum vulgare* L.) plants of the Jersey variety were treated with fertilizers containing sulphur and nitrogen during two growth stages (DC 13 and DC 31) as seen in the Tab. 2. The block trials (with four replications) were conducted on the locality of the agricultural company Agropol Velká Bystřice Ltd. (49°33'–36' N/17°19'–23' E) after sugar beet as the forecrop with ploughed down beet tops.

The grain yield was assessed (t.ha<sup>-1</sup>, 14% moisture). The grain over sieve 2.5 mm (including fractions 2.5 and 2.8 mm), the N-substances content (%; according to Kjeldahl) and the starch content (%; according to Ewers) [17] and the volume weight (kg.hl<sup>-1</sup>) were established. For the mixed samples the micromalting was carried out and the extract (%) and the content (mg.kg<sup>-1</sup>) of dimethylsulphide precursors (PDMS) were determined. The results were evaluated by the analysis of variance and subsequently by the Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ) in the UNISTAT 5.1 programme.

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

Spring barley belongs to crops that require very demanding growing conditions. This fact is reflected mainly in the year-to-year vari-

Tab. 1 Agrochemické vlastnosti půdy před založením pokusu / Agrochemical characteristics of soil prior experiment establishment

Rok / Year	Délka vegetace (dny) / Vegetation (days)	pH/CaCl <sub>2</sub>	P	K	Mg	Ca	S
			(mg.kg <sup>-1</sup> sušiny / Dry matter)				
2005	120	5.7	36	151	120	1930	15
2006	110	6.9	99	81	177	3320	16
2007	124	5.6	93	156	143	2127	< 5
2008	121	7.1	140	275	197	3873	26,6

Pozn.: Obsah živin je stanoven dle Mehlicha III, síra ve vodném výluhu (1:5) / Note: Nutrients content is set by Mehlich III, sulphur in hydrous leach (1:5) [16].

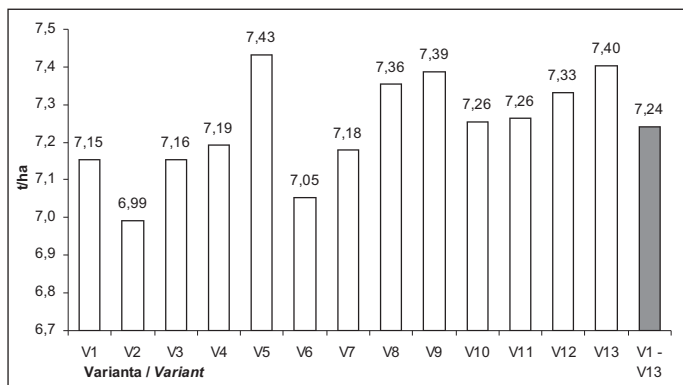
Tab. 2 Varianty pokusu / Experiment variants

Termín aplikace / varianta Term of Application / Variant	DC 13		DC 31		Celkem / Total dose (kg.ha <sup>-1</sup> )		Kód / Code
	Hnojivo / Fertilizer	N (kg.ha <sup>-1</sup> )	Hnojivo / Fertilizer	N (kg.ha <sup>-1</sup> )	N	S	
1	-	0	0		0	0	K0
2	LAV 27	30			30	0	N1
3	LAV 27	30	DAM 390	20	50	0	N2
4	SA	30			30	36	N1S1
5	SA	30	SAM	20	50	42	N2S2
6	DASA	30			30	15	N1S1
7	DASA	30	SAM	20	50	21	N2S2
8	SAM	30			30	10	N1S1
9	SAM	30	SAM	20	50	16	N2S2
10	LAV + S1	30			30	30	N1S1
11	LAV + S1	30	DAM 390	20	50	30	N2S1
12	LAV + S2	30			30	50	N1S2
13	LAV + S2	30	DAM 390	20	50	50	N2S2

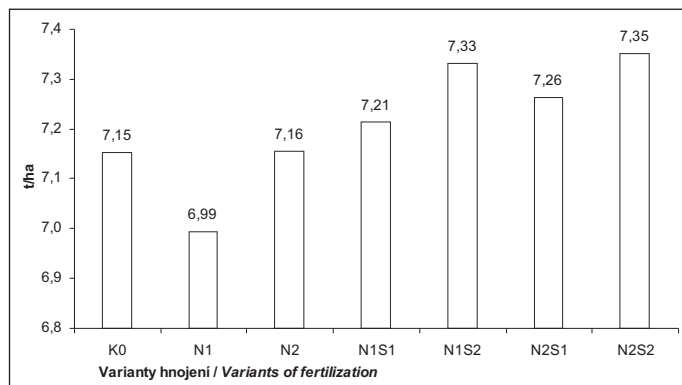
Pozn. / Note: LAV 27 – ledek amonný s vápencem / ammonium saltpetre with calcite (27 % N, 8 % Ca), SA – síran amonný / ammonium sulphate (20,3 % N, 24 % S), DASA – dusičnan amonný + síran amonný / ammonium nitrate + ammonium sulphate (26 % N, 13 % S), SAM – síran amonný + močovina / ammonium sulphate + urea (19 % N, 6 % S), DAM – dusičnan amonný + močovina / ammonium nitrate + urea (30 % N), S1, S2 – elementární síra / elementary sulphur (1, 2 – značí velikost dávky / refers to the dose volume).

Tab. 3 Průměrné hodnoty sledovaných znaků v jednotlivých letech včetně uvedení délky vegetace ječmene jarního / Average values of studied parameters in individual years including vegetation length of spring barley

Rok / Year	Délka vegetace (dny) / Vegetation (days)	Výnos zrna / Grain yield (t.ha <sup>-1</sup> )	Objemová hmotnost / Volume weight (kg.hl <sup>-1</sup> )	Přepad zrna / Grain over sieve (%)		Škrob / Starch	N látky / N-substances
				2,5 mm	2,8 mm		
				(%)			
2005	120	7.786	68.22	20.5	72.2	65.46	9.45
2006	110	6.816	69.13	41.7	56.5	63.73	10.44
2007	124	7.157	64.48	41.6	56.5	63.93	11.59
2008	121	7.211	62.57	43.0	37.9	63.42	11.55



Obr. 1 Průměrné výnosy zrna dle variant (2005–2008) / Fig. 1 Average grain yield per each variant (2005–2008)



Obr. 2 Průměrný výnos zrna dle dávek N a S (2005–2008) / Fig. 2 Average grain yield per N and S doses (2005–2008)

Samotné hnojení dusíkem působilo spíše kontraproduktivně, nižší dávka dusíku vedla oproti kontrole ke snížení výnosu zrna (obr. 2).

Projevilo se zde zřejmě vliv kvalitní předplodiny [19]. Naopak aplikace síry průměrný výnos zvyšovala, a to jak při nižší, tak i vyšší úrovni hnojení dusíkem (obr. 2). Kombinace nižší dávky dusíku se sírou zvyšovala výnos zrna průměrně o 0,21–0,34 t.ha<sup>-1</sup> a u vyšší dávky dusíku aplikované společně se sírou narostl výnos o 0,11–0,20 t.ha<sup>-1</sup>. Podobně i Eriksen et al. [20] pozorovali po hnojení ječmene sírou zvýšení výnosu zrna.

Nejvyšší hodnoty přepadu zrna na síť 2,5 mm byly stanoveny při aplikaci vyšší dávky (50 kg.ha<sup>-1</sup>) dusíku (38,5 %). Hnojení sírou na hladině N1 (30 kg.ha<sup>-1</sup>) zvyšovalo podíl této velikostní frakce zrn o 2,3–2,8 %, naopak při vyšší úrovni hnojení dusíkem (obr. 3) síra přispěla ke snížení podílu této frakce (o 0,8–0,9 %). Vysoká dávka dusíku bez síry se negativně odrazila v zastoupení zrn větší velikosti (> 2,8 mm). Nejvyšší podíly byly zaznamenány u varianty N1 (30 kg.ha<sup>-1</sup>) a u kontroly, kde se projevila schopnost porostu kompenzovat za příznivých podmínek nízký výnos vyšším podílem zrna této velikostní frakce. Vysoké hodnoty byly stanoveny také při nižší hladině hnojení dusíkem se sírou (N1S1, N1S2). Zde byla také zjištěna nejvyšší výtežnost (92,5–94,2%) sladařsky využitelného zrna ( $\Sigma$  2,8+2,5 mm).

Průměrný obsah škrobu v zrně byl v negativním vztahu s výnosem zrna. U var. 2, kde byl dosažen nejnižší výnos, byl stanoven průměrný nejvyšší obsah škrobu zrna (obr. 4). Téměř u všech variant s vyšší dávkou dusíku v kombinaci se sírou byl zaznamenán vyšší obsah škrobu.

Síra stabilizovala obsah škrobu v zrně ječmene a při vyšší dávce dusíku zvyšovala škrobnatost zrna oproti variantě bez síry o 0,42–0,44 % (obr. 5).

I když řada autorů uvádí, že aplikace síry zvyšuje využití dusíku a podporuje akumulaci bílkovin [21, 22], naše výsledky to nepotvrzují (obr. 6). Stejně tak Grzebiś a Przygocka-Cyna [12] vidí v aplikaci síry spíše prostředek pro snížení obsahu N látek v zrně ječmene.

Nejvyšší průměrná extraktivnost ve sladu byla stanovena po aplikaci nižší dávky dusíku s elementární sírou (var. 10). U většiny variant se na výši extraktu negativně projevila vyšší dávka dusíku. Pouze po aplikaci síranu amonného a kapalného hnojiva SAM byly zaznamenány opačné trendy (obr. 7).

Obsah PDMS ve sladu (obr. 8) se pohyboval na spodní hranici rozmezí (2–15 mg.kg<sup>-1</sup>), které uvádějí Kosař a Procházka [15].

Nejvyšší průměrné hodnoty byly stanoveny po aplikaci vyšší dávky dusíku (var. 3) a síra jejich množství výrazněji nezvyšovala (obr. 8), při vyšší hladině dusíkaté výživy vedla naopak k jejich snížení (o 0,5–0,9 mg.kg<sup>-1</sup>). I když někteří autoři [7, 21] uvádějí, že dochází

ability of yields as well as grain quality (Tab. 3) including the N-substances content [18].

The highest grain yield (7.43 t.ha<sup>-1</sup>) was found after ammonium sulphate and the SAM fertilizer application (var. 5), the lowest yield occurred after a lower dose of the LAV 27 fertilizer (var. 2). The yield was also positively influenced by the nitrogen dose contained in the nitrogenous fertilizer (Fig. 1).

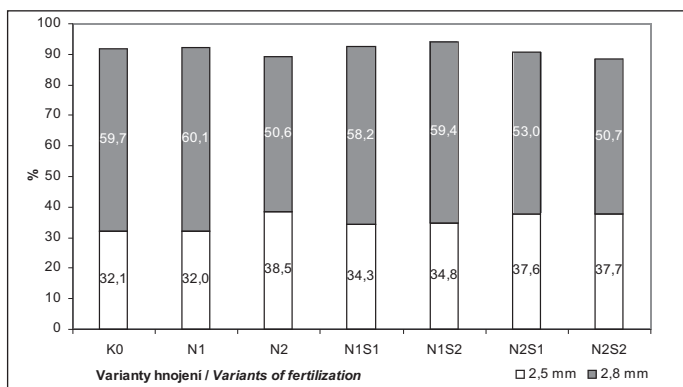
Nitrogen fertilization alone had a rather contra productive effect, a lower nitrogen dose had lead to a grain yield decrease when compared with the control (Fig. 2). This was probably caused by the influence of the good-quality forecrop [19]. On the other hand, the sulphur application increased the average yield – at the lower as well as the higher levels of nitrogen fertilization (Fig. 2). The combination of a lower nitrogen dose with sulphur increased the grain yield by 0.21–0.34 t.ha<sup>-1</sup> and when higher nitrogen doses applied alongside with sulphur were used, the yield rose by 0.11–0.20 t.ha<sup>-1</sup>. Similarly, Eriksen et al. [20] observed a grain yield increase after applying sulphur to barley.

The highest values of grain over sieve 2.5 mm (38.5%) were established when the application of the highest nitrogen dose was used (50 kg.ha<sup>-1</sup>), and sulphur fertilization on the N1 level (30 kg.ha<sup>-1</sup>) increased the ratio of this sized fraction of grains by 2.3–2.8%. In contrast, at a higher level of nitrogen fertilization (Fig. 3) the sulphur contributed to the 2.5 mm fraction drop (by 0.8–0.9%). A high dose of nitrogen without sulphur was negatively reflected in the representation of larger sized grains (> 2.8 mm). The highest ratio of larger sized grains were found at the dose of 30 kg.ha<sup>-1</sup> N and in the control where plants were able to compensate (under favorable conditions) for the low yield by the higher ratio of this fraction sized grains. High values were also established at a lower level of fertilization by nitrogen with sulphur (N1S1, N1S2). In this case, the highest yield of the malting grain (92.5–94.2%) was found as well ( $\Sigma$  2.8+2.5 mm).

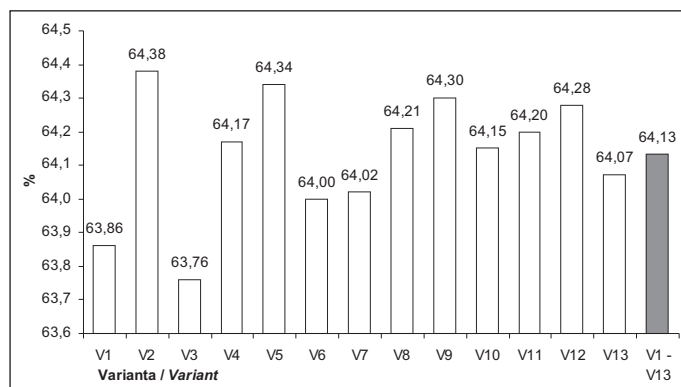
The starch content in the grain corresponded negatively with the grain yield. In var. 2 in which the lowest yield occurred, the highest starch content was established (Fig. 4). A higher starch content of grain was observed in almost all variants with the higher nitrogen dose in combination with sulphur, which can be considered very positive.

Sulphur stabilized the starch content in the barley grain, and when a higher nitrogen dose was used, the starch content increased by 0.42–0.44% in comparison to the variant without sulphur (Fig. 5).

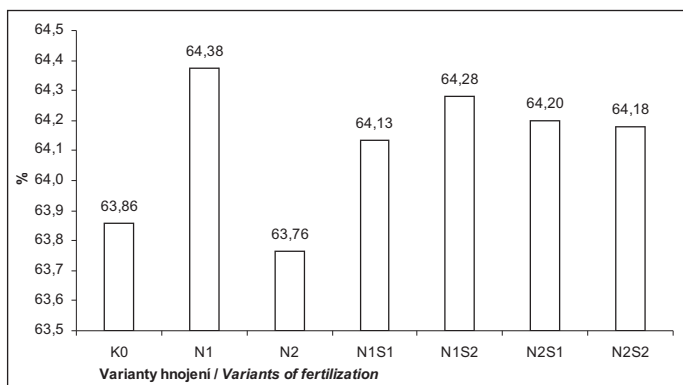
Although many authors present that sulphur application to field crops increases nitrogen utilization and encourages protein accumulation [21, 22], our results do not confirm this finding (Fig. 6). Like-



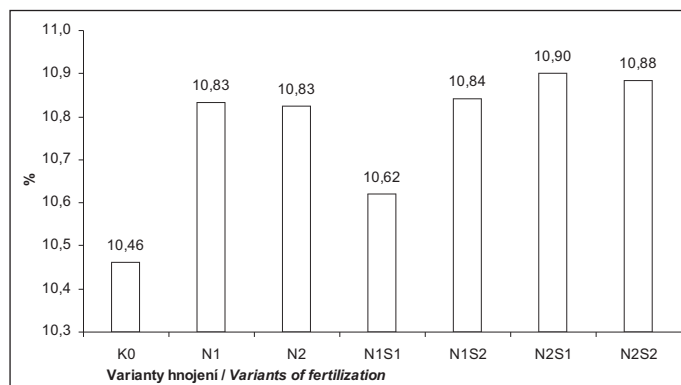
Obr. 3 Přepad zrna nad sítím 2,5 a 2,8 mm dle dávek N a S (2005–2008) / Fig. 3 Grain over sieve 2.5 and 2.8 mm per N and S doses (2005–2008)



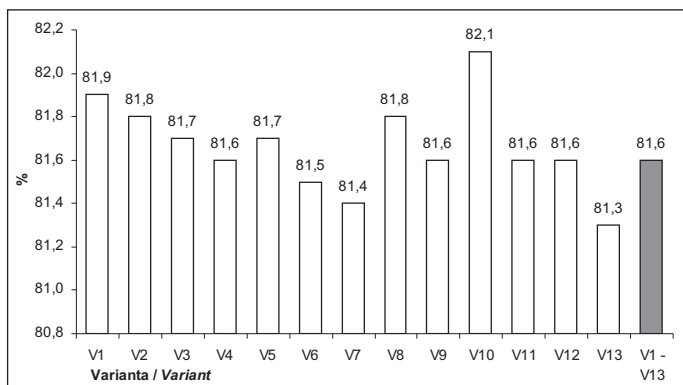
Obr. 4 Průměrný obsah škrobu v zrna (2005–2008) / Fig. 4 Average starch content in grain (2005–2008)



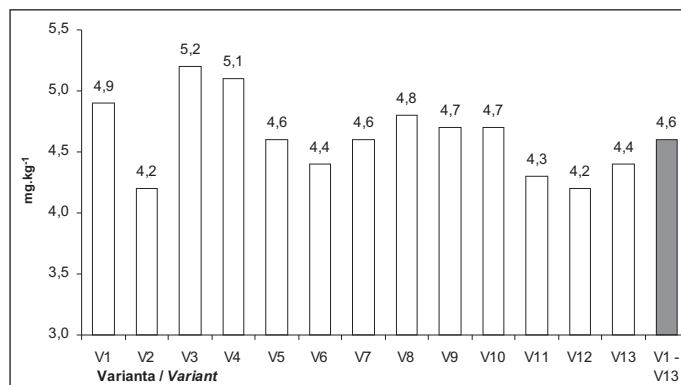
Obr. 5 Obsah škrobu v zrna dle dávek N a S (2005–2008) / Fig. 5 Starch content in grain per N and S doses (2005–2008)



Obr. 6 Obsah N látek v zrna dle dávek N a S (2005–2008) / Fig. 6 N-substances content in grain per N and S doses (2005–2008)



Obr. 7 Průměrný obsah extraktu ve sladu (2005–2008) / Fig. 7 Average content of extract in malt (2005–2008)



Obr. 8 Průměrný obsah PDMS ve sladu (2005–2008) / Fig. 8 Average content of PDMS in malt (2005–2008)

ke zvýšení obsahu síry v zrně a PDMS ve sladu po hnojení sírou, jedná se zřejmě spíše o ročníkovou záležitost, spojenou s úrovní redistribuce síry z listů do zásobních orgánů, tj. zrna [11]. Je-li dávka síry přiměřená a odpovídá požadavkům rostlin, nedochází k nárůstu její koncentrace v zrně a nejsou tak vytvořeny předpoklady pro vyšší obsah PDMS ve sladu.

#### 4 ZÁVĚR

Dosažené výsledky potvrdily význam síry z hlediska tvorby výnosu zrna. S růstem dávky síry rostl výnos, a to jak při nižší, tak i vyšší úrovni hnojení dusíkem. Potvrdil se i příznivý vliv aplikované síry na kvalitu zrna. Síra při nižší úrovni hnojení dusíkem přispěla k vysoké výťažnosti sladařsky využitelného zrna, stabilizovala obsah škrobu v zrna ječmene, a to především při vyšší dávce dusíku, nevedla k neúměrnému zvyšování dusíkatých látek v zrna a nevedla ke zvyšování obsahu PDMS ve sladu.

#### Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finančního přispění Výzkumného centra pro studium obsahových látek ječmene a chmele č. 1M0570.

wise, Grzebisz and Przygocka-Cyna [12] consider sulphur application to be rather a means of lowering N-substances content in the barley grain.

The highest extract content in malt was found after a lower nitrogen dose with an elementary sulphur application (var. 10) and the higher nitrogen dose affected negatively the height of the extract in most variants. Opposite trends were established only after ammonium sulphate alongside the SAM fertilizer application (Fig. 7).

The PDMS content in malt was at the lower bound of the range (2–15 mg.kg<sup>-1</sup>), which is presented by Kosař a Procházka [15].

The highest values were observed after a higher nitrogen dose application (var. 3) and sulphur did not distinctly increase their amount (Fig. 8), at a higher level of N-nutrition sulphur decreased them (by 0.5–0.9 mg.kg<sup>-1</sup>). Even though some authors [7, 21] present that sulphur in the grain and PDMS in malt increases after sulphur fertilization, it seems to be an accidental occurrence depending on a particular year and related to the sulphur redistribution from leaves to the storage organs – the grain [11]. If the sulphur dose is adequate and corresponds with the plants requirements, its concentration in the grain does not increase and as a result, precondition for the higher PDMS in malt is not established.





# Nakupujeme, zpracováváme a prodáváme nejkvalitnější český chmel



[www.bohemiahop.cz](http://www.bohemiahop.cz)

## LITERATURA / REFERENCES

1. Gämperle, R.: Schwefelmangel – zunehmend ein Problem im Getreide. *Die Grüne*. **2**, 2001, 34–37.
2. Zhao, F. J., Hawkesford, M. J., Warilow A. G. S., McGrath, S. P., Clarkson, D. T.: Responses of two wheat varieties to sulphur addition and diagnosis of sulphur deficiency. *Plant Soil*. **181**, 1996, 317–327.
3. Hawkesford, M. J., De Kok, L. J.: Managing sulphur metabolism in plants. *Plant Cell. Environ.* **29**, 2006, 382–395.
4. Ceccotti, S. P., Morris R. J., Messick, D. L.: A global overview of the sulphur situation: industry's background, market trends, and commercial aspects of sulphur fertilisers. *Nutr. Ecosystems*. **2**, 1997, 5–202.
5. Bloem, E. M., Haneklaus, S., Schnug, E.: Influence of soil water regime expressed by differences in terrain on sulphur nutritional status and yield of oilseed rape. In: *Proc. 9<sup>th</sup> Int. Plant Coll.*, 1997, 140–144.
6. Eriksen, J.: Sulphur cycling in Danish agricultural soils: turnover in organic S fractions. *Soil Biol. Biochem.* **29**, 1997, 1371–1377.
7. Zhao, F. J., Hawkesford, M. J., McGrath, S. P.: Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. *J. Cereal Sci.* **30**, 1999, 1–17.
8. Wen, G., Schoenau, J. J., Mooleki, S. P., Inanaga, S., Yamamoto, T., Hamamura, K., Inoue, M., An, P.: Effectiveness of an elemental sulfur fertilizer in an oilseed-cereal-legume rotation on the Canadian prairies. *J. Plant Nutr. Soil Sc.* **166**, 2003, 54–60.
9. Malhi, S. S., Gan, Y., Raney, J. P.: Yield, seed quality, and sulfur uptake of *Brassica* oilseed crops in response to sulfur fertilization. *Agron. J.* **99**, 2007, 570–577.
10. Jez, J. et al.: Sulfur: A Missing Link between Soils, Crops, and Nutrition. Madison, WI: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America: Soil Science Society of America, 2008, 323.
11. Eriksen, J., Mortensen, J. V.: Effects of timing of sulphur application on yield, S-uptake and quality of barley. *Plant Soil*. **242**, 2002, 283–289.
12. Grzebisz, W., Przygocka-Cyna, W.: Spring malt barley response to elemental sulphur – the prognostic value of N and S concentrations in malt barley leaves. *Plant Soil Environ.* **53**, 2007, 388–394.
13. Špunarová, M., Prokeš, J.: Jakost sladu v závislosti na odrůdě, ročníku a technologii sladování u jarního ječmene. *Rost. výroba*. **44**, 1998, 45–50.

## 4 CONCLUSION

The acquired results confirmed the importance of sulphur for the grain yield creation. The yield increased with the rise of the sulphur dose at both the lower as well as the higher levels of nitrogen fertilization. Moreover, the positive influence of the applied sulphur on the grain quality was confirmed, too. Sulphur alongside a lower level of nitrogen fertilization contributed to the highest yield of the malting grain, it stabilized the starch content in the barley grain especially when a higher nitrogen dose was used, it did not lead to an inadequate N-substances in the grain and PDMS in malt increase.

## Acknowledgement

This work was partly financed by the Research Centre for Study of Extract Compounds of Barley and Hop no. 1M0570.

14. Kosař, K. et al.: Kvalita sladovnického ječmene a technologie jeho pěstování. In: *Metodiky pro zemědělskou praxi*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských technologií, č. 3, 1997, 48.
15. Kosař, K., Procházka, S. et al.: *Technologie výroby sladu a piva*. VÚPS, Praha, 2000, 398.
16. Zbírál, J.: Stanovení vodorozpustné síry v půdě. *Analýza půd II*. 1996, 5/24.
17. Basařová, G. et al.: *Pivovarsko-sladařská analytika*. Merkanta s r. o. Praha. 1992, 388.
18. Šíp, V., Škorpík, M., Chrpová, J., Šottníková, V., Bártová, Š.: Effect of cultivar and cultural practices on grain yield and bread-making quality of winter wheat. *Rost. výroba*, **46**, 2000, 159–167.
19. Zimolka, J. et al.: Ječmen – formy a užitkové směry v České republice. Profi Press s r. o. Praha, 2006, 200.
20. Eriksen, J., Olesen, J. E., Askegaard, M.: Sulphate leaching and sulphur balance of an organic cereal crop rotation on three Danish soils. *Eur. J. Agron.* **17**, 2002, 1–9.
21. McGrath, S. P., Zhao, F. J.: Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agr. Sci.* **126**, 1996, 53–62.
22. Hřivna, L., Richter, R., Lošák, T.: The effect of the content of water-soluble sulphur in the soil on the utilisation of nitrogen and on the yields and quality of winter rape. *Rost. výroba*, **47**, 2001, 18–22.

Recenzovaný článek

Do redakce došlo: 18. 10. 2009

K tisku přijato: 4. 1. 2010