

# EFFECT OF SULPHUR NUTRITION ON YIELD AND QUALITY OF MALTING BARLEY

## VLIV SIRNÉ VÝŽIVY NA VÝNOS A KVALITU SLADOVNICKÉHO JEČMENE

**Babiánek P., Ryant P.**

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: xbabiane@node.mendelu.cz, ryant@mendelu.cz

---

### ABSTRACT

In years 2005 and 2006, effect of sulphur (S) application on yield and malting quality of barley were investigated in a pot experiment. There were 5 variants of applied sulphur: 1. control variant sulphur unfertilised, 2. lower dose of ammonium sulphate (0.2 g/pot), 3. higher dose of ammonium sulphate (0.4 g/pot), 4. lower dose of elemental sulphur (0.2 g/pot), 5. higher dose of elemental sulphur (0.4 g/pot). Three times during the growing season samples of vegetable matter were obtained (in DC 12, 31 and 57) and nutrition state was assessed on the basis of results of complete chemical analysis. In both years, following characteristics were studied: grain and straw yields, protein and starch contents in grain, thousand grains weight and proportion of full grain > 2.5 mm. The only significant difference was ascertained in 2005 in the proportion of full grain > 2.5 mm: the variant fertilised with the higher dose of sulphate sulphur showed a 1.45 % decrease in comparison to the control variant. Sulphur fertilization raised notably content of water-soluble sulphur in soil after the barley harvest. Sulphur applied in the forms of ammonium sulphate and elemental sulphur did not influence the exchangeable pH value significantly.

**Key words:** malting barley, fertilization, sulphur, yield.

## ÚVOD

Přestože je síra pro rostliny významnou živinou, nevěnovala se, až do nedávna, patřičná pozornost hnojení sírou. Síra se do půdy dostávala ve větším množství s „balastní“ složkou řady běžných hnojiv, pesticidů a z imisí hlavně po spalování fosilních paliv v tepelných elektrárnách.

Změna situace v České republice nastala po roce 1989, kdy výroba vysoce koncentrovaných hnojiv typu NPK (tzv. „bezbalastních“) s nepatrným nebo nulovým obsahem síry, ekologické tlaky na snížení emisí do atmosféry hlavně z energetického průmyslu, plynofikace vesnic a možnost značných ztrát síranů z půdy vyplavením, zesilují zápornou bilanci síry v polní rostlinné produkci (Matula, 1999). Pokles obsahu síry v půdě má za následek snížení využitelnosti dusíku rostlinami (Schnug *et al.*, 1993).

Podobně jako pro ostatní hlavní živiny je tedy třeba i pro síru vypracovat racionální systém hnojení, aby zjevným nebo skrytým deficitem síry nedocházelo ke zbytečnému znehodnocování komplexu ostatních vkladů do rostlinné produkce.

Problematika výživy polních plodin sírou byla nejprve řešena u řepky olejky, později u pšenice a cukrovky. Dnes se pozornost postupně obrací také na výživu sírou u ječmene.

## MATERIÁL A METODIKA

Problematika výživy ječmene sírou byla řešena v roce 2005 a 2006 formou vegetačního nádobového pokusu. Do Mitscherlichových vegetačních nádob bylo naváženo vždy 6 kg lehké písčité zeminy (skrývka pískovny Žabčice), jejíž agrochemické vlastnosti udává následující tabulka 1.

Tab. 1: Agrochemické vlastnosti zeminy před založením pokusu

pH/CaCl <sub>2</sub>	Obsah přístupných živin (mg.kg <sup>-1</sup> )				
7,47	P	K	Ca	Mg	S <sub>vodorozp.</sub>
	138	226	2784	167	24,7

Pokus byl v obou letech založen aplikací hnojiv do nádob podle schématu v tab. 2.

Tab. 2: Schéma pokusu

Varianta číslo	Schéma	Dávka N (g/nádoba)	Dávka S (g/nádoba)
1	Kontrola	0,6	0,0
2	Síran amonný (SA1)	0,6	0,2
3	Síran amonný (SA2)	0,6	0,4
4	Elementární síra (ES1)	0,6	0,2
5	Elementární síra (ES2)	0,6	0,4

Pozn.: SA (23,7 % S, 20,9 % N), ES (99,8 % S)

Jednotlivé varianty se liší dávkou a formou síry. Dusík byl aplikován v jednotné dávce 0,6 g N na nádobu v dusičnanu amonném (34,4 % N), resp. u variant 2 a 3 byl dorovnan na tuto hladinu se započtením dusíku již aplikovaného v síranu amonném. Hnojiva byla zapravena cca 2 - 3 cm pod povrch zeminy.

Bezprostředně po aplikaci hnojiv byl proveden výsev jarního ječmene odrůdy Jersey. Do každé nádoby bylo vyseto 30 semen ječmene. Po třech týdnech byl porost vyjednocen na 15 rostlin na nádobu.

Během vegetace byla třikrát odebrána rostlinná hmota - při jednocení ve fázi druhého listu (DC 12), na počátku sloupkování (DC 31) a ve fázi metání (DC 57). U odebrané rostlinné hmoty byla zjišťována hmotnost sušiny jedné rostliny a chemickou analýzou stanoven obsah N, P, K, Ca, Mg a S v sušině. Porost ječmene byl dvakrát během vegetace ošetřen proti padlí, rzi a braničnatce přípravkem FALCON 460 EC a proti škůdcům na konci května přípravkem KARATE 2,5 WG.

Sklizeň pokusu byla provedena ve fázi plné zralosti. Po doschnutí byla nadzemní hmota zvážena, odděleny klasy od stébel a výmlat zrna proběhl na klasové laboratorní mlátičce KMP 2. Při sklizni byl hodnocen výnos zrna a výnos slámy. V zrnu ječmene jarního byl následně stanoven obsah škrobu dle Ewerse, obsah bílkovin podle Kjeldahla a zjištěn podíl zrna nad sítím 2,5 mm (Steineckerovo prosévadlo) a hmotnost tisíce zrn. Výnos a technologické parametry zrna byly hodnoceny vícefaktorovou analýzou rozptylu s využitím softwaru STATISTICA version 7.0 a následné testování bylo provedeno Tuckeyovým testem významnosti rozdílů.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Při posouzení výživného stavu během vegetace byla v roce 2005 v rostlinách ve fázi 2. listu (DC 12) (tab. 3) zaznamenána vyšší koncentrace dusíku a hořčíku u všech variant hnojených sírou. Koncentrace síry byla u těchto variant rovněž zvýšena, přičemž nejvýraznější navýšení hodnot je zřejmé po aplikaci rychle přístupné síranové formy oproti pozvolněji působící elementární síře. Elementární síra se v obsahu síry v rostlinách výrazně neprojevila, což je, vzhledem k nutnosti její oxidace na sírany, tři týdny po její aplikaci pochopitelné. Hmotnost sušiny 1 rostliny byla u variant 2 a 3 nižší než u sírou nehnojené kontroly, nejvyšší pak po hnojení nižší dávkou elementární síry.

Tab. 3: Chemické složení nadzemní rostlinné hmoty ječmene ve fázi DC 12 (27.4.2005)

Varianta	Schéma	Hmotnost sušiny 1 rostliny (g)	% v sušině					
			N	P	K	Ca	Mg	S
1	kontrola	0,0439	6,57	0,707	6,32	0,926	0,226	0,523
2	SA1	0,0433	6,79	0,687	6,23	0,902	0,232	0,595
3	SA2	0,0429	6,91	0,708	6,22	0,829	0,232	0,614
4	ES1	0,0445	6,68	0,735	6,33	0,877	0,234	0,527
5	ES2	0,0438	6,69	0,721	6,29	0,950	0,226	0,530

V roce 2006 byl ve fázi 2. listu (DC 12) (tab. 4) patrný vyšší obsah draslíku v rostlinách u variant s aplikací síranu a vyšší dávky elementární síry. Nejvyšší koncentrace síry byla po aplikaci rychle přístupné síranové formy oproti pozvolněji působící elementární síře. Hmotnost rostlin byla vyšší oproti kontrole u variant hnojených síranem amonným a nižší dávkou elementární síry.

Tab. 4: Chemické složení nadzemní rostlinné hmoty ječmene ve fázi DC 12 (25.4.2006)

Varianta	Schéma	Hmotnost sušiny 1 rostliny (g)	% v sušině					
			N	P	K	Ca	Mg	S
1	kontrola	0,0417	5,77	0,491	3,63	1,062	0,259	0,502
2	SA1	0,0444	5,71	0,492	5,25	0,940	0,283	0,547
3	SA2	0,0463	5,92	0,533	3,68	1,090	0,273	0,548
4	ES1	0,0439	5,65	0,473	3,41	1,069	0,257	0,485
5	ES2	0,0354	5,63	0,529	4,68	0,874	0,274	0,496

Také v dalším odběru rostlinné hmoty v roce 2005 na počátku sloupkování (DC 31) (tab. 5) bylo možné pozorovat pozitivní vliv aplikované síry na koncentraci dusíku v rostlinách, a to především u variant SA1 a ES2. Po hnojení sírou bylo možno sledovat také vyšší obsah draslíku a hořčíku v rostlinách. V případě aplikace síranové síry také fosforu. Hnojení síranem amonným a vyšší dávkou elementární síry mělo za následek snížení koncentrace vápníku v rostlinách v této vegetační fázi, nižší dávka elementární síry naopak působila kladně na množství vápníku v rostlinách. Nejnižší hmotnost sušiny 1 rostliny byla zjištěna po aplikaci nižší dávky síranu, nejvyšší pak u variant hnojených elementární sírou. Zvýšená koncentrace síry byla zaznamenána po aplikaci síranu a nižší dávky elementární síry.

Tab. 5: Chemické složení nadzemní rostlinné hmoty ječmene ve fázi DC 31 (20.5.2005)

Varianta	Schéma	Hmotnost sušiny 1 rostliny (g)	% v sušině					
			N	P	K	Ca	Mg	S
1	kontrola	0,707	3,33	0,323	4,70	1,011	0,207	0,439
2	SA1	0,687	3,52	0,381	5,38	0,980	0,209	0,548
3	SA2	0,708	3,22	0,351	4,95	0,929	0,215	0,488
4	ES1	0,735	3,33	0,317	5,09	1,123	0,219	0,456
5	ES2	0,721	3,35	0,303	4,82	0,919	0,217	0,432

Z výsledků odběru rostlinné hmoty na počátku sloupkování (DC 31) v roce 2006 (tab. 6) byla zřejmá nižší koncentrace dusíku a vyšší koncentrace fosforu a síry u všech variant hnojených sírou. Relativní množství draslíku v sušině 1 rostliny bylo nejnižší po hnojení síranem amonným. Vyšší hmotnost sušiny 1 rostliny byla pozorována u všech sírou hnojených variant kromě varianty 4 (vyšší dávka ES).

Tab. 6: Chemické složení nadzemní rostlinné hmoty ječmene ve fázi DC 31 (10.5.2006)

Varianta	Schéma	Hmotnost sušiny 1 rostliny (g)	% v sušině					
			N	P	K	Ca	Mg	S
1	kontrola	0,249	5,45	0,461	5,83	0,654	0,276	0,399
2	SA1	0,248	5,07	0,475	5,64	0,704	0,256	0,462
3	SA2	0,285	5,19	0,476	5,64	0,623	0,250	0,542
4	ES1	0,265	5,10	0,480	5,72	0,712	0,269	0,404
5	ES2	0,249	5,30	0,488	5,87	0,693	0,257	0,448

Ve třetím odběru rostlinné hmoty v roce 2005 na konci metání (DC 57) (tab. 7) je možno opět pozorovat zvýšenou koncentraci dusíku a síry po aplikaci především síranové formy síry. Nižší koncentrace vápníku v rostlinách byla zjištěna u všech sírou hnojených variant. Nižší koncentrace hořčíku v rostlinách byla zaznamenána především po hnojení elementární sírou. Hmotnost sušiny jedné rostliny byla vyšší po aplikaci především síranové síry a zároveň přetrvával její pozitivní vliv na koncentraci fosforu v rostlinách.

Tab. 7: Chemické složení nadzemní rostlinné hmoty ječmene ve fázi DC 57 (9.6.2005)

Varianta	Schéma	Hmotnost sušiny 1 rostliny (g)	% v sušině					
			N	P	K	Ca	Mg	S
1	kontrola	2,852	1,16	0,151	2,18	0,277	0,180	0,196
2	SA1	2,927	1,18	0,154	2,16	0,226	0,185	0,223
3	SA2	2,973	1,17	0,168	2,33	0,251	0,180	0,244
4	ES1	2,840	1,10	0,140	2,04	0,263	0,173	0,197
5	ES2	2,840	1,18	0,135	1,92	0,255	0,158	0,209

Také v roce 2006 bylo možno pozorovat ve třetím odběru rostlinné hmoty (DC 57) (tab. 8) zvýšenou koncentraci dusíku po aplikaci síranové formy síry a vyšší dávky elementární síry. Nižší koncentrace vápníku byla zjištěna u všech sírou hnojených variant. Obsah síry se zvýšil oproti kontrole u variant hnojených vyšší dávkou elementární a síranové síry. Nižší dávka síranové síry zároveň působila na mírné zvýšení hmotnosti sušiny 1 rostliny.

Tab. 8: Chemické složení nadzemní rostlinné hmoty ječmene ve fázi DC 57 (9.6.2006)

Varianta	Schéma	Hmotnost sušiny 1 rostliny (g)	% v sušině					
			N	P	K	Ca	Mg	S
1	kontrola	2,889	1,16	0,151	2,18	0,277	0,180	0,163
2	SA1	3,029	1,18	0,154	2,16	0,226	0,185	0,149
3	SA2	2,813	1,17	0,168	2,33	0,251	0,180	0,167
4	ES1	2,990	1,10	0,140	2,04	0,263	0,173	0,162
5	ES2	2,803	1,18	0,135	1,92	0,255	0,158	0,192

Při zhodnocení výnosů a kvalitativních parametrů zrna lze pozorovat určitý vliv aplikované síry na jednotlivé varianty, avšak rozdíl zjištěných hodnot není statisticky

průkazný. Výnos zrna byl nepatrně navýšen pouze u varianty s aplikací vyšší dávky síry v síranu amonném.

Jiných výsledků dosáhl McGrath *et al.* (1996), který uvádí, že na půdách s nízkým obsahem síry došlo po její aplikaci k ječmeni k zvýšení výnosů v 38 % případů, a to o 4 - 40 % oproti sírou nehnojené kontrole. Podobně i Scott *et al.* (1984), kteří pravděpodobně jako první v novodobé historii, zjistili po aplikaci síry významné zvýšení přírůstků výnosů zrna ozimého ječmene o 5 až 18 % na písčítých půdách severovýchodního Skotska.

Nevýrazná výnosová reakce po aplikaci síry mohla být způsobena relativně dostatečnou zásobou vodorozpustné síry v použité zemině (24,7 mg.kg<sup>-1</sup>).

Tab. 9: Průměrné výnosy a kvalitativní parametry zrna v roce 2005

var. č.	schéma	n	výnos zrna (g/nádoba)	dusíkaté látky (%)	škrob (%)
1	kontrola	4	30,64 ± 0,44 a	9,73 ± 0,18 a	62,39 ± 0,45 a
2	SA1	4	29,47 ± 0,29 a	10,08 ± 0,12 a	62,06 ± 0,34 a
3	SA2	4	30,70 ± 0,80 a	9,91 ± 0,14 a	62,62 ± 0,47 a
4	ES1	4	30,96 ± 1,12 a	9,86 ± 0,19 a	61,81 ± 0,68 a
5	ES2	4	30,35 ± 0,33 a	10,07 ± 0,07 a	61,37 ± 0,54 a

var. č.	schéma	n	obsah S (%)	HTZ (g)	PPZ > 2,5 mm (%)
1	kontrola	4	0,153 ± 0,002 a	49,63 ± 0,15 a	98,15 ± 0,35 b
2	SA1	4	0,140 ± 0,008 a	49,53 ± 0,66 a	97,71 ± 0,34 ab
3	SA2	4	0,140 ± 0,004 a	50,18 ± 0,19 a	96,73 ± 0,16 a
4	ES1	4	0,135 ± 0,002 a	49,16 ± 0,25 a	97,31 ± 0,35 ab
5	ES2	4	0,138 ± 0,001 a	49,60 ± 0,24 a	98,31 ± 0,09 b

Tab. 10: Průměrné výnosy a kvalitativní parametry zrna v roce 2006

var. č.	schéma	n	výnos zrna (g/nádoba)	dusíkaté látky (%)	škrob (%)
1	kontrola	4	30,22 ± 1,18 a	9,63 ± 0,21 a	61,20 ± 1,12 a
2	SA1	4	29,17 ± 0,72 a	9,28 ± 0,77 a	62,86 ± 1,80 a
3	SA2	4	30,35 ± 2,70 a	8,90 ± 0,93 a	62,91 ± 1,54 a
4	ES1	4	28,98 ± 0,81 a	10,08 ± 0,34 a	62,03 ± 0,56 a
5	ES2	4	30,78 ± 1,00 a	9,48 ± 0,34 a	62,40 ± 1,64 a

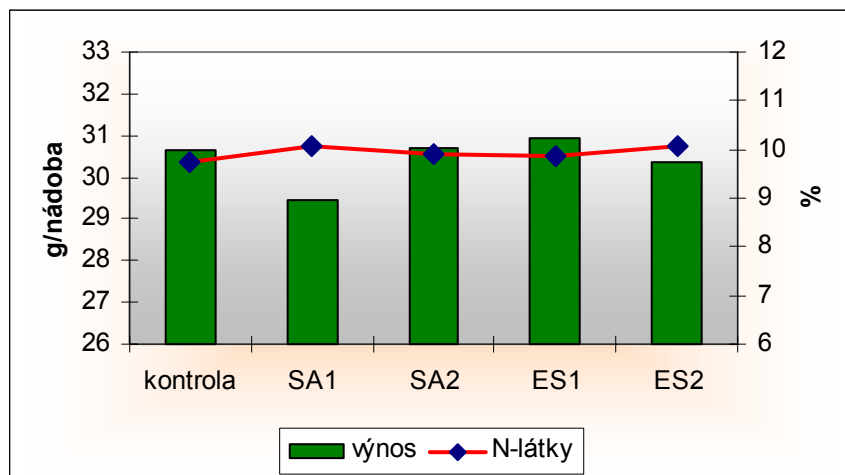
var. č.	schéma	n	obsah S (%)	HTZ (g)	PPZ > 2,5 mm (%)
1	kontrola	4	0,134 ± 0,01 a	41,48 ± 0,60 a	93,92 ± 0,89 a
2	SA1	4	0,129 ± 0,01 a	42,71 ± 0,73 a	97,26 ± 1,10 a
3	SA2	4	0,126 ± 0,00 a	42,39 ± 0,69 a	97,08 ± 1,41 a
4	ES1	4	0,131 ± 0,00 a	41,58 ± 0,83 a	97,27 ± 1,44 a
5	ES2	4	0,125 ± 0,01 a	42,04 ± 1,30 a	96,52 ± 5,12 a

Obsah dusíkatých látek v zrně byl v roce 2005 (graf 1) mírně zvýšen u všech sírou hnojených variant, nejvíce potom u varianty SA 1 a ES 2. V následujícím roce byl obsah dusíkatých látek v zrně (graf 2) nižší u variant hnojených síranovou sírou a vyšší dávkou síry

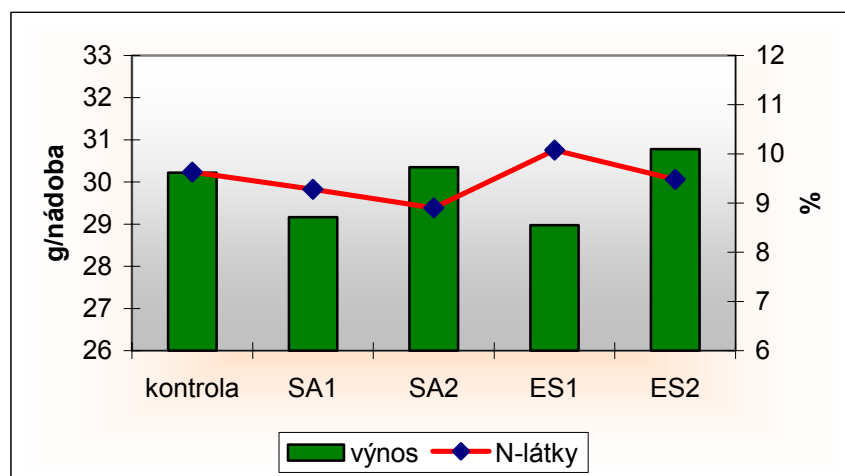
elementární. Aplikace nižší dávky elementární síry působila na zvýšení obsahu N-látek v zrně.

Obsah N-látek ve zkoumaném zrně sladovnického ječmene je u variant s nižším výnosem zrna ve většině případů vyšší, což vede k přesvědčení, že nedošlo k naředění dusíku v zrně ječmene v důsledku malého navýšení výnosů po aplikaci síry.

Graf 1: Výnos a obsah N-látek v zrně v roce 2005



Graf 2: Výnos a obsah N-látek v zrně v roce 2006



Obsah škrobu byl po hnojení sírou mírně vyšší než u sírou nehnojené kontroly. Na zvýšení množství škrobu v zrně působila především síra v síranu amonném. Její pozitivní vliv však nebyl statisticky průkazný.

Koncentrace síry v zrně ječmene z nádobového pokusu byla u všech variant s aplikací síry nižší než u kontroly. Zhao *et al.* (2006) a Hřivna *et al.* (2007) uvádí, že po hnojení sladovnického ječmene sírou se zvýšila koncentrace S-methylmethioninu (prekurzoru DMS). S-methylmethionin má úzkou kladnou korelaci s koncentrací síry v zrně. Pokus s aplikací síry k jarnímu ječmeni pěstovanému ve vegetační hale MZLU v Brně tvrzení Zhaa *et al.* (2006), že hnojení sírou zvyšuje obsah sirných sloučenin v zrně ječmene, tedy nepotvrdil.

Hodnoty hmotnosti tisíce zrn a podíl plných zrn byly u všech variant hnojených sírou vyšší než u varianty kontrolní. Největší navýšení hodnot těchto dvou kvalitativních parametrů

zrna sladovnického ječmene bylo zaznamenáno u variant hnojených síranem amonným. Nárůst hodnot HTZ a PPZ po aplikaci síry však nebyl, oproti sírou nehnojené kontrole, statisticky průkazný.

Z výsledků agrochemické analýzy půdy po sklizni ječmene (tab. 11) je zřejmé, že hodnota výměnné půdní reakce se aplikací síranu amonného ani elementární síry významně nezměnila. U této alkalické půdy se tedy nepotvrdilo v literatuře popisované kyselé působení síranu, resp. elementární síry.

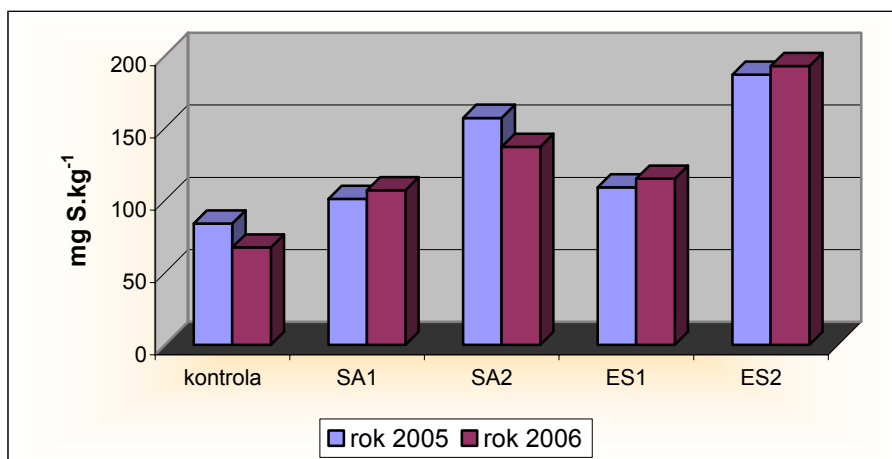
Tab. 11: Agrochemické vlastnosti zeminy po sklizni pokusu v roce 2005 a 2006

Varianta	Schéma	pH/CaCl <sub>2</sub>	
		2005	2006
1	kontrola	7,48	7,48
2	SA1	7,50	7,55
3	SA2	7,47	7,51
4	ES1	7,51	7,49
5	ES2	7,46	7,40

Významná změna však byla zaznamenána v obsahu vodorozpustné síry v půdě (graf 3), který byl v roce 2005 aplikací síranové síry zvýšen o 20, resp. 86 % a aplikací elementární síry o 28, resp. 123 % oproti sírou nehnojené kontrole. Podobná situace nastala i v roce 2006, kdy byl obsah vodorozpustné síry po sklizni porostu ječmene aplikací síranové síry zvýšen o 59, resp. 147 % a aplikací elementární síry o 70, resp. 186 % oproti sírou nehnojené kontrole.

K podobným výsledkům dospěl i Ryant (2007), který uvádí, že aplikovaná elementární síra zvýšila obsah vodorozpusnté síry v půdě v průměru více než dvojnásobně.

Graf 3: Obsah vodorozpustné síry v půdě po sklizni ječmene v roce 2005 a 2006



## ZÁVĚR

V obou letech nádobového vegetačního pokusu lze ze sledování obsahu živin během vegetace vypočítat pozitivní vliv hnojení sírou na koncentraci dusíku a síry v rostlinách ve fázi druhého listu (DC 12), a to především po její aplikaci v pohotověji přístupné síranové



formě. Elementární síra se v obsahu síry v rostlinách tři týdny po její aplikaci příliš neprojevila vzhledem k nutnosti její oxidace na sírany. Na počátku sloupkování (DC 31) byl zjištěn v roce 2005 příznivý efekt obou forem síry na koncentraci fosforu, vápníku a síry, v roce 2006 pak na koncentraci draslíku a hořčíku v rostlinách sladovnického ječmene. Po hnojení síranem amonným došlo v obou letech experimentu ke zvýšení obsahu dusíku a fosforu v rostlinách ječmene ve fázi metání (DC 57), což by mohlo mít pozitivní vliv na průběh kvetení a tvorbu semen.

Při zhodnocení výsledků lze v roce 2005 a 2006 pozorovat určitý vliv aplikované síry na výnos a kvalitativní parametry zrna ječmene u jednotlivých variant hnojení, avšak rozdíl zjištěných hodnot není statisticky průkazný. Nevýrazná výnosová reakce po aplikaci síry mohla být způsobena dostatečnou zásobou vodorozpustné síry v použité zemině ( $24,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ ).

Z výsledků agrochemické analýzy půdy po sklizni ječmene vyplývá, že aplikovaný síran amonný ani elementární síra významně nesnižují hodnotu výměnné půdní reakce. Hnojení sírou výrazně zvýšilo obsah vodorozpustné síry v půdě zjištěný po sklizni sladovnického ječmene.

## LITERATURA

Hřivna L., Rynat P., Prokeš J. (2007): Vliv hnojení ječmene dusíkem a sírou na výnos a technologické parametry zrna a sladu. *Agrochémia*, vol. XI (47), 7 – 13.

Matula J. (1999): Výživa a hnojení sírou. *Agro – ochrana, výživa, odrůdy*, IV (11 - 12), 15 - 18.

McGrath S. P., Zhao F. J., Withers P. J. A. (1996): Development of sulphur deficiency in crops and its treatment. *The Fertilizer Society*, London, 1 – 47.

Ryant P. (2007): Změny v obsahu vodorozpustné síry v půdě po dodávce slámy a elementární síry. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, LV (1), 195 - 204.

Schnug E., Haneklaus S., Murphy D. (1993): Impact of sulphur fertilisation on fertiliser nitrogen efficiency. *Sulphur in Agriculture* (17), 8 – 12.

Scott N. M., Dyson P. W., Ross J., Sharp G. S. (1984): The effect of sulphur on yield and chemical composition in winter barley. *J. Agric. Sci., Cambridge* (103), 699 – 702.

Zhao F. J., Fortune 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 malting quality of barley. *Journal of Cereal Science* (43), 36 - 377.

## Poděkování:

Příspěvek vznikl s finanční podporou Výzkumného centra pro studium obsahových látek ječmene a chmele č. 1M0570.