

# Vliv hnojení sírou na výnos a kvalitu cukrové řepy

EFFECT OF SULPHUR FERTILISATION ON YIELD AND QUALITY OF SUGAR BEET ROOTS

Pavel Ryant, Jiří Antošovský – Agronomická fakulta Mendelovy univerzity v Brně

Cukrová řepa má poměrně vysoké nároky na síru, avšak samotné hnojení sírou bylo v Česku většinou opomíjeno. Dostatečné množství této živiny totiž v minulosti zajišťovaly sírné depozice z atmosféry. Po odsíření zdrojů těchto emisí v 90. letech minulého století se jediným zdrojem síry stal chlévský hnůj, jehož aplikované dávky jsou omezené, případně síran amonný aplikovaný na zaoranou slámu. Postupně se v praxi síra k cukrové řepě začala aplikovat. Výsledky polních pokusů (1, 2) ukazují, že cukrovka je plodinou čerpající během vegetace značné množství síry. Její průměrné nároky se pohybují v rozmezí 30–50 kg·ha<sup>-1</sup>. Podle SAPÁKOVÉ ET AL. (3) může aplikace síry ovlivnit výnos bulev a cukernatost. Také THOMAS ET AL. (2) udávají, že aplikace síry v dávce 25 kg·ha<sup>-1</sup> zvýšila výnos bulev cukrové řepy o 25 %. Ve třech pokusech v Německu byl zvýšen výnos bulev o 3–6 % (4). Naopak podle HOFFMANNA ET AL. (5) nemělo hnojení sírou významný vliv na výnos cukrové řepy ve 21 pokusech prováděných v Německu v letech 1996 a 1997. Tyto výsledky byly přisuzovány dostatečné zásobě přístupné síry v půdě. V případě nedostatku přístupné síry v půdě může být negativně ovlivněn nejen výnos, ale i kvalita bulev. S cílem posoudit efekt různých forem aplikované síry na výnos a kvalitu byl založen vegetační nádobový pokus.

## Metodika

Samotnému pokusu s cukrovou řepou předcházely dvě vegetační období, kdy se v Mitscherlichových nádobách (6 kg zeminy) postupně vystřídala na síru méně náročná pšenice jarní a následně náročnější hořčice bílá. Před založením porostu cukrové řepy byla zemina z Mitscherlichových nádob přesypána do větších nádob a doplněna 24 kg zeminy. Agrochemické vlastnosti vzniklé směsi uvádí tab. I. Z této tabulky jsou také patrné formy síry zařazené do pokusu. Použitá zemina vykazovala dle vyhlášky MZe č. 275/1998 Sb. alkalickou půdní reakci. Obsah přístupného fosforu byl na úrovni vysoké zásoby, obsah přístupného vápníku dobrý a přístupného draslíku a hořčíku vyhovující. Přístupné obsahy živin v půdě byly stanoveny ve výluhu roztokem Mehlich III. Obsah vodorozpustné síry se lišil dle variant z předchozích let sledování.

Hnojení sírou bylo provedeno 21. 4., jednotlivá hnojiva byla aplikována do půdy cca 5 cm pod povrch. Všechny varianty byly vyhnojeny jednotně dusíkem v dusičnanu amonném, a to v dávce 2,3 g na nádobu. Na varianty s půdní aplikací síry bylo aplikováno 1,5 g síry na nádobu. Bezprostředně po aplikaci hnojiv byl proveden výsev cukrové řepy, odrůdy Compact.

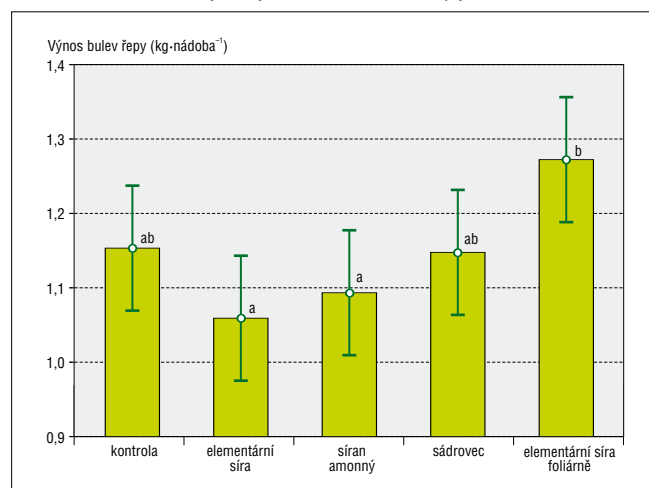
Vyseta byla do čtyř hnízd rovnoměrně rozmístěných v nádobě tak, aby byla zachována obvyklá vzdálenost rostlin při přímém setí, tj. 18–19 cm v řádku. Foliární aplikace mikronizované elementární síry (s bentonitem) byla provedena během pokusu 2×, a to 27. 6. a 1. 8., vždy v dávce odpovídající 10 kg·ha<sup>-1</sup> (280 mg na nádobu). Během pokusu byla cukrová řepa dvakrát vyjednocena, a to koncem května (29. 5.) ve vegetační fázi šestého až osmého listu, kdy byly ponechány pouze čtyři rostliny na jednu nádobu, a dva týdny poté (12. 6.), kdy v nádobě zůstaly pouze dvě rostliny. Každá varianta byla vedena ve 4 opakováních. Porost cukrové řepy byl celkem dvakrát chemicky ošetřen. 25. 6. byl proti mšicím aplikován insekticid a 5. 9. po rozvoji padlí fungicid.

Tab. I. Agrochemické vlastnosti půdy před založením pokusu

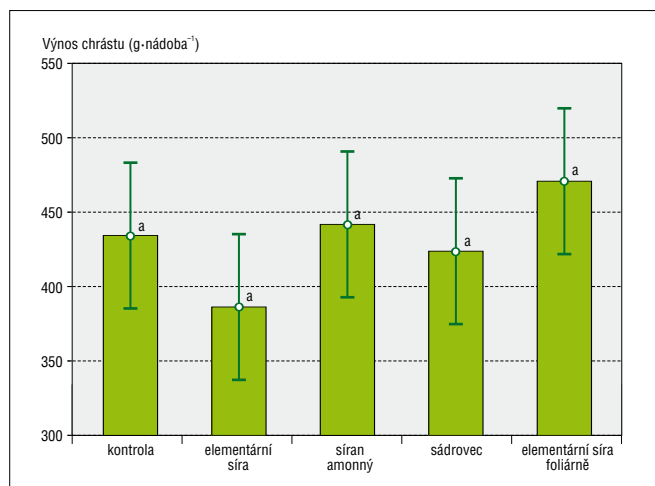
Varianta hnojení	pH/ CaCl <sub>2</sub>	Přístupné živiny (mg·kg <sup>-1</sup> )				
		P	K	Ca	Mg	S <sub>vod</sub> *
1 kontrola	7,46	123	199	2 753	172	31
2 elementární síra	7,44	123	199	2 749	175	73
3 síran amonný	7,41	123	199	2 744	175	85
4 sádrovec	7,47	123	198	2 777	171	92
5 elem. síra foliárně	7,46	122	201	2 852	188	28

\* vodorozpustná síra

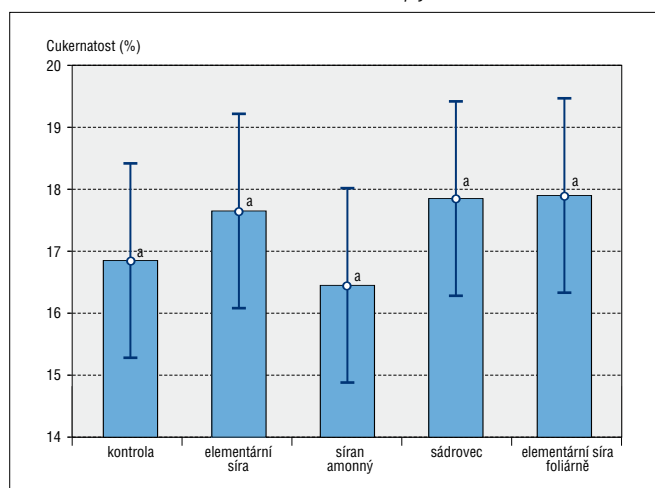
Obr. 1. Průměrné výnosy bulev cukrové řepy



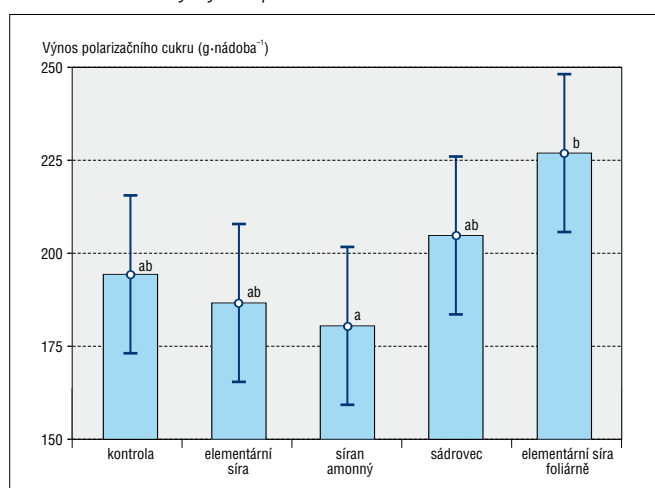
Obr. 2. Průměrné výnosy chrástu cukrové řepy



Obr. 3. Průměrná cukernatost bulev řepy

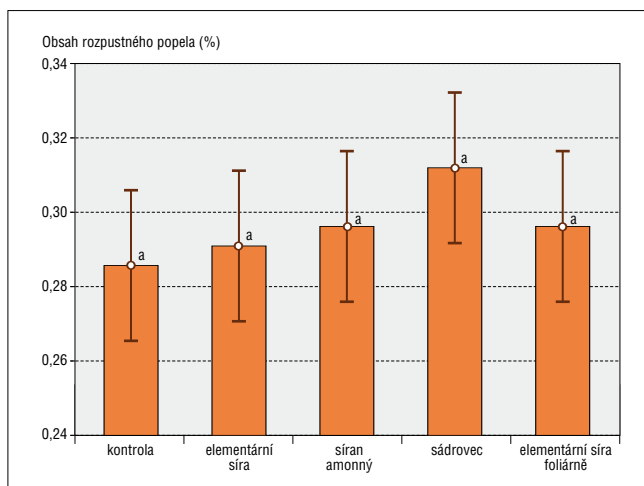


Obr. 4. Průměrný výnos polarizačního cukru



Pokusné nádoby byly udržovány v bezpevném stavu a dostatečná vlhkost použité směsi zeminy byla zajišťována pravidelnou zálivkou demineralizovanou vodou na cca 60 % maximální vodní kapacity. Sklizeň pokusu se uskutečnila 5. 10.

Obr. 5. Průměrný obsah rozpustného popela v bulvách řepy



Při sklizni byl zjišťován výnos bulev a chrástu. V bulvách byla následně stanovena cukernatost, byl stanoven výnos polarizačního cukru, obsah rozpustného popela a obsah  $\alpha$ -aminokyseliny. Sledované parametry byly hodnoceny jednofaktorovou analýzou variance a následným testováním průkaznosti rozdílů mezi jednotlivými variantami podle Tuckeye s využitím software Statistica 9.0.

## Výsledky a diskuze

### Výnos bulev a chrástu

Výnos bulev byl sice hnojením sírou signifikantně ovlivněn, avšak při detailnějším testování byly zjištěny průkazné rozdíly pouze mezi nejvyšším výnosem na variantě s foliární aplikací elementární síry a variantami s půdní aplikací elementární síry a síranu amonného (obr. 1.). U těchto dvou variant došlo tedy k výnosové depresi, i když neprůkazné oproti sírou nehnojené kontrole. Také podle výsledků polních a nádobových pokusů HOFFMANN ET AL. (5, 6) nebyl výnos bulev hnojením sírou ovlivněn. Podle některých autorů (2, 7, 8) byl naopak zjištěn vyšší výnos bulev po aplikaci síranové síry do půdy.

Ačkoliv nebyly zjištěny průkazné rozdíly ve výnosu chrástu, z obr. 2. lze pozorovat snížení hmotnosti vyprodukovaného chrástu, zejména u varianty s půdní aplikací elementární síry. Nejvyšší hmotnost chrástu byla zjištěna podobně jako u bulev u varianty s foliární aplikací elementární síry.

### Cukernatost a výnos polarizačního cukru

Zjištěné hodnoty cukernatosti jsou v rozpětí průměrných hodnot uváděných PULKRÁBKEM (9), tj. 16–19 %, resp. hodnot požadovaných HŘIVNOU ET AL. (10). Nejvyšší nárůst, o 6,2 %, byl zaznamenán u varianty hnojené elementární sírou na list (obr. 3.). Naopak varianta se síranem amonným vykazovala pokles cukernatosti o 2,4 % oproti kontrole. Uvedené rozdíly však nebyly statisticky významné. Opačné výsledky uvádějí FECENKO ET BALÍŠ (8), kteří dosáhli aplikací síranové síry zvýšení cukernatosti bulev z 16,44 % u varianty hnojené pouze NPK na 17,06 % při aplikaci NPK a síranové síry. Výnos polarizačního cukru byl podobně jako výnos bulev statisticky významně ovlivněn aplikací

sírných hnojiv (obr. 4.) a srovnání výsledků jednotlivých variant koresponduje s výsledky u výnosu bulev. Průkazně nejvyšší výnos polarizačního cukru byl u varianty s foliární aplikací elementární síry, a to o 16,8 % oproti sírou nehnojené kontrole. Uvedené zvýraznění rozdílu bylo způsobeno nejvyšším výnosem bulev v této variantě a současně nejvyšší cukernatostí. Pozitivní působení síry, i když v tomto případě síranové do půdy, uvádí FECENKO ET BALÍŠ (8), kteří v polních podmínkách dosáhli zvýšení o 4,07 %. Podle jejich zjištění se síra stala limitující živinou pro dosažení výnosu a zejména cukernatosti ve dvou ze čtyř sledovaných let.

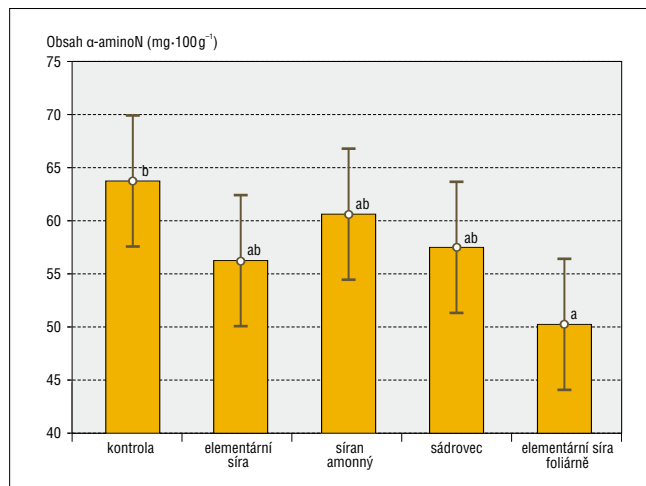
### Obsah rozpustného popela a obsah $\alpha$ -aminodusíku

Obsah rozpustného popela u jakostní cukrové řepy se má podle PULKRÁBKA (9) pohybovat v rozmezí 0,250–0,450 %, resp. dle RYBÁČKA ET AL. (11) okolo 0,500 %. Nejvyšší hodnota v popisovaném experimentu dosáhla 0,333 % (obr. 5). Zjištěné koncentrace jsou tedy velmi nízké, což je dobrý předpoklad pro nízké ztráty při výrobě cukru. Nízké hodnoty rozpustného popela korespondují i se závěry práce HOFFMANN ET AL. (6), kteří ve spojení s deficitem síry popisují vyšší obsah sodíku a draslíku, základních složek rozpustného popela.

Ze získaných výsledků vyplývá, že obsah  $\alpha$ -aminodusíku byl aplikací síry snížen, a tím byla zvýšena kvalita získaných bulev cukrové řepy (obr. 6.). Oproti kontrole bez dodané síry se obsah  $\alpha$ -aminodusíku nejvíce snížil u varianty s aplikací elementární síry na list, a to o 21,2 %. To odpovídá výsledkům BELLA ET AL. (12) a SEXTONA (13), kteří popisují zvýšení koncentrace  $\alpha$ -aminodusíku při deficitu síry. Také THOMAS ET AL. (2) uvádějí, že aplikace síry signifikantně zvýšila kvalitu cukrové řepy z pohledu redukce koncentrace  $\alpha$ -aminodusíku.

Shrneme-li výsledky experimentu, varianta s foliární aplikací elementární síry vykazovala ve většině kvantitativních i kvalitativních parametrů nejlepší hodnoty. Jedním z vysvětlení může být lepší zdravotní stav řepy v této variantě. Jako jediná odolala invazi padlí řepného (*Erysiphe betae*) na listech, která vypukla po intenzivních deštích a následném teplém počasí na počátku září (obr. 7.). Potvrdila se zde skutečnost, že pokud je elementární síra

Obr. 6. Průměrný obsah alfa-aminodusíku v bulvách



aplikována na list, mohou suspendované nebo vázané produkty sloužit současně jako hnojivo i fungicid (14). Foliární aplikace mikronizované elementární síry s bentonitem využívá schopnosti adheze k povrchu listu odolávající smyvu srážkovou vodou a oxidace na síranu, ke které dochází na povrchu listu bakteriemi rodu *Thiobacillus* či uvnitř listů specifickými enzymy chloroplastů (15). Výhodou je kontinuální dodávání síranové síry buňkám (16). Dostatečné zásobení rostlin sírou zvyšuje jejich vnitřní odolnost vůči houbovým chorobám, např. uvolňováním sirovodíku průduchy listů (17) nebo syntézou nové elementární síry (18).

Přestože konkrétní doporučení k aplikaci síry k cukrové řepě často chybí, každoročně je na cca 50 % ploch cukrové řepy ve Velké Británii aplikována síra foliárně k potlačení infekce právě padlí řepného (2).

Naopak nejhorší výsledky poskytla varianta s aplikací síranu amonného, po němž byl získán nejnižší výnos bulev a také nejnižší cukernatost. Síran amonný se jeví ze sledovaných druhů sírných hnojiv jako nejméně vhodný pro hnojení cukrové řepy. Aplikaci síranu amonného k základnímu hnojení cukrové řepy nedoporučují také RICHTER ET HLUŠEK (19), kteří

Obr. 7. Vliv aplikace elementární síry na list: nahoře – zdravá rostlina u varianty s aplikací elementární síry na list, vpravo detail zdravého listu; dole – rostliny napadené padlím řepným (*Erysiphe betae*), vpravo detail napadeného listu



uvádějí, že při základním hnojení snižuje klíčivost rostlin a vede k mezerovitosti porostu.

### Závěr

Výsledky ukazují, že foliární aplikace elementární síry nejlépe ovlivnila zkoumané parametry. Pravděpodobným vysvětlením je zdravotní stav rostlin v této variantě, které odolaly invazi *Erysiphe betae*. Naopak po aplikaci síranu amonného byly pozorovány nejméně příznivé výsledky. Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že nevhodnějším hnojivem pro cukrovou řepu je elementární síra aplikovaná na list, naopak nejméně vhodná je pak aplikace síranu amonného.

### Souhrn

Obsah síry po odsíření plně nepokrývá nutriční nároky cukrové řepy a dalších zemědělských plodin. Vegetační nádobový experiment byl založen za účelem zjištění vlivu aplikace různých forem síry na výnos a kvalitu cukrové řepy. Pokus zahrnoval tyto varianty: 1. nehnojená kontrola, 2. elementární síra, 3. síran amonný, 4. sádrovec, 5. listová aplikace elementární síry. Hnojení dusíkem bylo u všech variant jednotné. Výsledky ukazují, že varianta s foliární aplikací elementární síry dosahovala ve většině případů nejlepších kvantitativních i kvalitativních parametrů. Možným vysvětlením může být zlepšení zdravotního stavu cukrové řepy v této variantě. Cukrová

řepa po aplikaci síry na list odolala invazi *Erysiphe betae*. Nejméně příznivé výsledky v experimentu byly pozorovány po aplikaci síranu amonného. Nejnižší výnos bulev a nejnižší cukernatost byly získány po hnojení síranem amonným. V porovnání s ostatními sírnými variantami v pokusu se síran amonný jeví jako nejméně vhodné hnojivo pro cukrovou řepu.

**Klíčová slova:** hnojení, cukrová řepa, síra, výnos, kvalita.

### Literatura

1. RICHTER, R., HRŮVNA, L.: *Vliv výživy a hnojení na kvalitu okopanin*. 2000, [online] [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin/pdf/vyziva\\_okopanin.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/pdf/vyziva_okopanin.pdf), cit. 26. 3. 2015.
2. THOMAS, S. G. ET AL.: Effects of sulphur fertilisation on the growth and metabolism of sugar beet grown on soils of differing sulphur status. *Field Crops Research*, 83, 2003 (3), s. 223–235.
3. SAPÁKOVÁ, E ET AL.: *Nutrition, pests and pathogens of sugar beet: monographic series*. Part I., 1<sup>st</sup> ed., Brno: Mendel University in Brno, 2014.
4. ZHAO, F. J. ET AL.: Crop responses to sulphur fertilization in Europe. *Fertilizers and Fertilization*, 5, 2003 (3), s. 26–51.
5. HOFFMANN, C. ET AL.: Supply and nutrient demand of sugar beet for sulphur. *Zuckerind.*, 123, 1998 (9), s. 675–682.
6. HOFFMANN, C. ET AL.: Influence of sulphur supply on yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) – Determination of a threshold value. *Europ. J. Agronomy*, 21, 2004 (1), s. 69–80.
7. FECENKO, J., BALÍŠ, P.: Síra v interakcii s bórom zvyšuje úrodu a kvalitu cukrovej repy. *Agrochémia*, 6, 2002 (3), s. 13–15.

8. FECENKO, J.; BALIŠ, P.: Úroda a kvalitu cukrové řepy možno ovplyvniť racionálnou výživou. *Agrochémia*, 9, 2005 (1), s. 8–12.
9. PULKRÁBEK, J.: *Metodika pěstování cukrovky*. 2006, [online] [http://www.agrokrom.cz/texty/METODIKY/Cukrovka/metodika\\_cukrovky\\_Pulkrabek/metod\\_cukrovka.pdf](http://www.agrokrom.cz/texty/METODIKY/Cukrovka/metodika_cukrovky_Pulkrabek/metod_cukrovka.pdf), cit. 26. 3. 2009.
10. HRIVNA, L. ET AL.: Cukrovka – výživa a výnos, kvalita produkce. *Úroda*, 52, 2004 (4), s. 46–49.
11. RYBÁČEK, V.: *Cukrovka*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985, 467 s.
12. BELL, C. ET AL.: Sulfate supply and its effect on sap quality during growth in sugar beet storage roots. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 158, 1995, s. 93–95.
13. SEXTON, J.: Sulphur survey of the sugar beet crop in England 1995. *Br. Sugar Beet Rev.*, 64, 1996 (2), s. 50–53.
14. BOSWELL, C. C.; FRIESEN, D. K.: Elemental sulfur fertilizers and their use on crops and pastures. *Fertilizer Res.*, 35, 1993 (1–2), s. 127–149.
15. JOLIVET, P.: Elemental sulfur in agriculture. In DE KOK ET AL. (EDS): *Sulphur nutrition and assimilation in higher plants. Regulatory, agricultural and environmental aspects*. Hague: SPB Academic Publishing, 1993, s. 193–206.
16. SCHNUG, E. ET AL.: Fate and physiology of foliar applied sulphur compounds in Brassica napus. In *Proc. Symp. „Foliar Fertilization: A Technique to Improve Production and Decrease Pollution“*, Publ. NRC, Cairo, 1998, s. 91–100.
17. BLOEM, E. ET AL.: Influence of nitrogen and sulphur fertilisation on the alliin content of onions (*Allium cepa* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). *J. Plant Nutr.*, 27, 2004, s. 1827–1839.
18. COOPER, R. M.; WILLIAMS, J. S.: Elemental sulphur as an induced antifungal substance in plant defence. *Journal of Experimental Botany*, 55, 2004 (404), s. 1947–1953.
19. RICHTER, R.; HLUŠEK, J.: *Průmyslová knojiva, jejich vlastnosti a použití*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZE ČR, 1996, 50 s.

### Ryant P., Antošovský J.: Effect of Sulphur Fertilisation on Yield and Quality of Sugar Beet Roots

Sulphur deposition after desulfurization does not fully cover the nutritional demand of sugar beet and others agricultural crops. A vegetation pot experiment was established to determine the effect of application of various forms of sulphur on the yield and quality of sugar beet. The experiment included the following variants: 1. unfertilized control, 2. elemental sulphur, 3. ammonium sulphate, 4. gypsum, 5. foliar application of elemental sulphur. Nitrogen fertilization was uniform for all variants. The results show that the variant with foliar application of elemental sulphur achieved the best quantitative and qualitative parameters in most cases. A possible explanation can be improved health of sugar beet in this variant. Sugar beet after foliar application of sulphur resisted the invasion of *Erysiphe betae*. The least favourable results in the experiment were observed after ammonium sulphate application. The lowest yield of roots and sugar content was obtained after fertilization with ammonium sulphate. Compared to other sulphur variants in the experiment, ammonium sulphate appears to be the least suitable fertilizer for sugar beet.

**Key words:** fertilization, sugar beet, sulphur, yield, quality.

### Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jiří Antošovský, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: [jiri.antosovsky@mendelu.cz](mailto:jiri.antosovsky@mendelu.cz)