

EFFECT OF SULPHUR FERTILISATION ON YIELD AND ON *PHYTOPHTORA INFESTANS* INFESTATION OF POTATOES

VLIV VÝŽIVY SÍROU NA VÝNOS A NA NAPADENÍ BRAMBOR PLÍSNÍ BRAMBOROVOU (*PHYTOPHTORA INFESTANS*)

Fryščáková E., Ryant P.

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

E-mail: frys@mendelu.cz, ryant@mendelu.cz

ABSTRACT

The effect of sulphur fertilisation on yield and fungal infestation of potatoes with *Phytophthora infestans* was observed in a one year long pot experiment. Three forms of sulphur fertilisers (ammonium sulphate and elemental sulphur, both applied into the soil, and folially applied granulated, water dispersible elemental sulphur) and four doses (0-20-40-60 mg S·kg⁻¹) were compared. The infestation of the variant with foliar application of 60 mg S·kg⁻¹ (dispersible elemental sulphur) was significantly higher ($p<0,001$) than of any other variant. Variant treated with 20 mg S·kg⁻¹ (ammonium sulphate) showed a significantly lower fungal infestation ($p<0,05$) in comparison to 60 mg·kg⁻¹ of elemental S. Applied sulphur fertilisers did not cause any statistical difference in the tuber yields among the variants. The yield of the potato haulm of the variant fertilised with 60 mg S·kg⁻¹ of ammonium sulphate was significantly higher ($p<0,05$) than of the variant treated with the same dose of elemental S.

Keywords: sulphur, ammonium sulphate, elemental sulphur, potato, *Solanum tuberosum* L., late blight, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, yield

ABSTRAKT

V jednoletém nádobovém pokusu byl srovnáván vliv aplikace síranu amonného, resp. elementární síry do půdy a foliární aplikace mikrogranulátu elementární síry v dávce 20, 40, resp. 60 mg S·kg⁻¹ zeminy na výnos a napadení rostlin bramboru plísní bramborovou. Varianta ošetřená 60 mg S·kg⁻¹ na list vykazovala statisticky průkazně vyšší ($p<0,001$) napadení než ostatní varianty. Míra napadení varianty hnojené 60 mg S·kg⁻¹ (elementární S) byla průkazně vyšší ($p<0,05$) než napadení varianty hnojené 20 mg S·kg⁻¹ ve formě síranu amonného. Ve výnosech hlíz nebyl mezi variantami zjištěn statistický rozdíl. Výnos natě varianty hnojené 60 mg S·kg⁻¹ ve formě síranu amonného byl průkazně vyšší ($p<0,05$) než u varianty hnojené stejnou dávkou ve formě elementární síry.

Klíčová slova: síra, síran amonný, elementární síra, brambor, *Solanum tuberosum* L., plíseň bramborová, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, výnos

ÚVOD

Integrovaná zemědělská produkce usiluje o náhradu části postřiků pesticidy jinými pěstitelskými zásahy. Kromě snížení nákladů na chemikálie s sebou tento krok nese i menší zátěž životního prostředí rezidui, která mohou ovlivňovat růst a vývoj plodin, aktivitu půdních mikroorganismů, a tím i průběh mikrobiálních procesů v půdě.

Jednu z možností snižování spotřeby pesticidů poskytuje výživa rostlin. Rostliny pěstované v optimálních podmínkách, tedy mimo jiné i harmonicky zásobené všemi živinami, jsou schopny lépe čelit ataku chorob a škůdců. Vliv živin na vývoj houbových chorob brambor zkoumali například SINGH A SINGH (1993), JAN *et al.* (1995), MIZUNO *et al.* (2000).

Síra jako jeden z makroprvků hraje nezanedbatelnou roli v metabolismu rostlin, je součástí aminokyselin cysteinu a methioninu, je obsažena v glutathionu, který má významné postavení v procesu detoxikace radikálů a inaktivace těžkých kovů (BRIAT, LEBRUN, 1999; DE KOK, STULEN, 1993; STULEN, DE KOK, 1993). Kromě toho vykazuje také fungstatické účinky (HANEKLAUS *et al.*, 2002; BLOEM *et al.*, 2004; SCHNUG *et al.*, 1995). Při dostatečném zásobení sírou jsou samy rostliny schopny uvolňovat povrchem listů sirovodík, který brání napadení rostliny patogeny (SALAC *et al.*, 2003; BLOEM *et al.*, 2004). Ačkoli z pohledu výživy rostlin patří brambory mezi plodiny středně náročné na síru a za vegetaci odeberou jen 20 - 30 kg S·ha⁻¹ (BLOEM *et al.*, 2000), význam síry v této kultuře vzrůstá právě s ohledem na její použití v prevenci napadení houbovými chorobami.

V současné praxi jsou používána hnojiva se síranovou nebo elementární formou síry. Síranová forma je snadno rozpustná a pohyblivá v půdním profilu. Elementární forma je naproti tomu ve vodě nerozpustná, a tedy nepřístupná rostlinám, dokud nedojde k mikrobiální oxidaci na sírany. To ji předurčuje k použití na promyvných půdách a k zásobnímu hnojení (BOSWELL, 1997). Při aplikaci na list umožňuje právě pozvolný proces oxidace mnohem plynulejší zásobení rostliny sírou než při foliární aplikaci roztoku síranu (PEDERSEN *et al.*, 1998; JOLIVET, 1993).

Cílem nádobového pokusu bylo porovnat vliv síranu amonného, elementární síry a dispergovatelného mikrogranulátu elementární síry na výskyt plísně bramborové (*Phytophthora infestans*) na rostlinách bramboru (*Solanum tuberosum*).

MATERIÁL A METODIKA

Vegetační nádobový pokus probíhal ve vegetační hale Ústavu agrochemie a výživy rostlin MZLU v Brně. Jeho schéma udává tab.1.

Tab. 1: Schéma nádobového pokusu

varianta	použitá forma S	dávka S [mg S·kg ⁻¹ zeminy]	způsob aplikace
1	kontrola	0	bez aplikace S
2	(NH ₄) ₂ SO ₄ p.a.	20	do půdy
3	(NH ₄) ₂ SO ₄ p.a.	40	do půdy
4	(NH ₄) ₂ SO ₄ p.a.	60	do půdy
5	elementární S p.a.	20	do půdy
6	elementární S p.a.	40	do půdy
7	elementární S p.a.	60	do půdy
8	dispergovatelný mikrogranulát elementární síry 80 %	20	foliární aplikace
9	dispergovatelný mikrogranulát elementární síry 80 %	40	foliární aplikace
10	dispergovatelný mikrogranulát elementární síry 80 %	60	foliární aplikace

Každá varianta zahrnovala 4 opakování. Rostliny byly pěstovány ve středně těžké alkalické půdě (10 kg zeminy·nádob⁻¹), která vykazovala vysoký obsah fosforu, draslíku a vápníku a velmi vysoký obsah hořčíku.

Síran amonný a elementární síra byly do půdy aplikovány před výsadbou 15. dubna 2004. U všech variant byla pomocí dusičnanu amonného vyrovnána hladina dusíku na úroveň odpovídající nejvyšší dávce aplikovaného síranu amonného. Do každé nádoby byla 26. dubna 2004 vysazena 1 bramborová hlíza odrůdy Impala. Během vegetace byly rostliny zalévány demineralizovanou vodou a ošetřovány proti mšicím přípravkem Karate 2,5WG. Foliární aplikace síry byla provedena 4. června 2004.

Inokulum *Phytophthora infestans* bylo získáno z izolátu O1/6 a O1/3 ČZU. Sporangia byla smyta sterilní destilovanou vodou, suspenze byla chlazená 2 hodiny při 7°C pro uvolnění zoospor, přefiltrována a standardizována na 2·10³ sporangií·ml⁻¹. Foliární aplikace inokula byla provedena ve fázi uzavírání porostu 19. června 2004. Poté byly rostliny až do sklizně udržovány pod foliovým krytem, aby bylo možno udržet relativní vzdušnou vlhkost v žádoucím rozmezí.

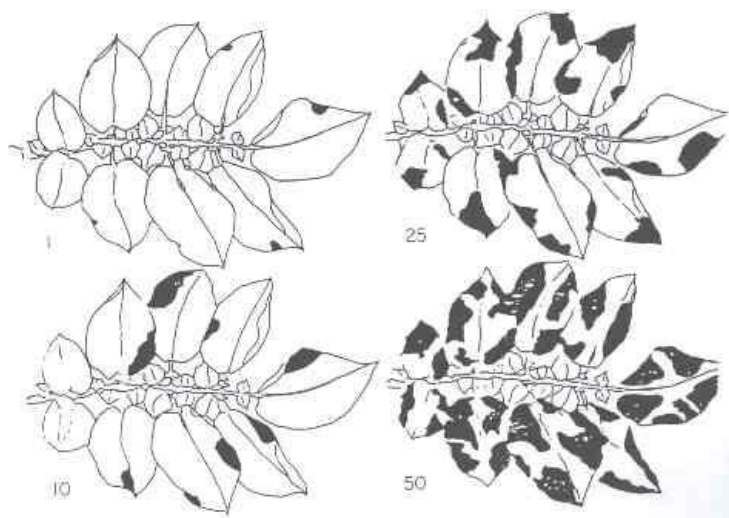
Míra napadení jednotlivých rostlin byla hodnocena dne 2. července 2004 podle metodiky EPPO 2/1989, používané Státní rostlinolékařskou správou. Vyhodnocení míry napadení vychází z rozsahu výskytu skvrn způsobených plísní bramborovou na listech. Kategorizace napadení je uvedeno v tab. 2. Vzhled listů rostlin z vybraných kategorií napadení ukazuje obr. 1.

Sklizeň natě brambor proběhla 10. července 2004, sklizeň hlíz následovala 13. července 2004.

Tab. 2: Kategorizace napadení rostlin *Phytophthora infestans* (převzato z OEPP/ EPPO 2/1989)

procento napadení	míra napadení
0	bez výskytu
1	do 10 skvrn na rostlinu nebo obecný lehký výskyt skvrn
5	asi 50 skvrn na rostlinu nebo do 1 úkrojku z 10 napadeno
10	až 4 úkrojky z 10 napadeny; rostliny ještě zachovávají tvar trsu
25	téměř každý úkrojek napaden; rostliny ještě zachovávají tvar trsu; rostliny ještě vyhlíží zeleně
50	každá rostlina je napadena a je zničeno cca 50% listové plochy parcely; rostliny jsou zeleno-hnědě strakaté

Obr. 1: Vizuální klíč pro posouzení procenta napadení listu bramboru *Phytophthora infestans* (převzato z OEPP/EPPO 2/1989)

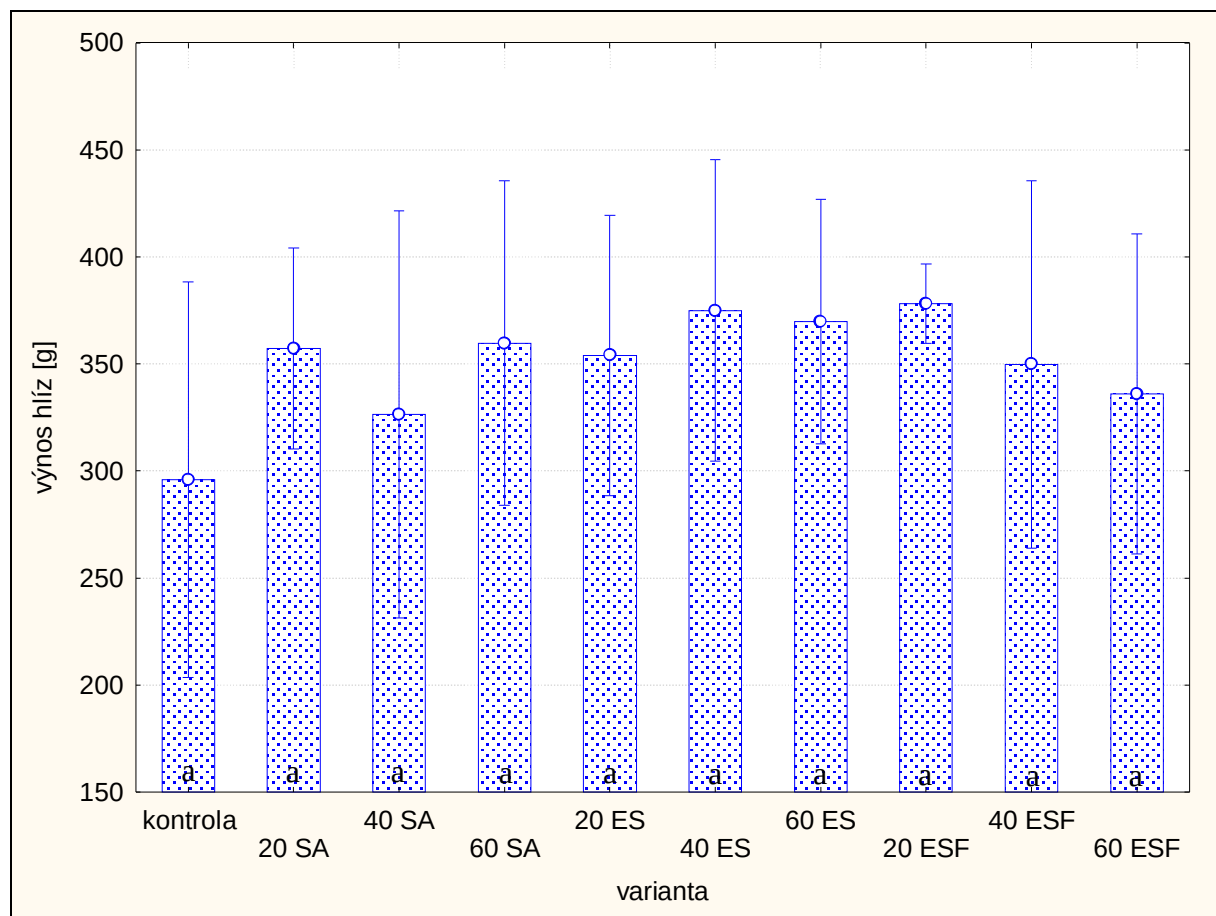


Jednotlivé pokusné varianty byly srovnány z hlediska napadení *Phytophthora infestans* a z hlediska výnosu hlíz a hmotnosti natě. Vyhodnocení bylo provedeno statistickým programem Statistica 6.0 s pomocí nástroje ANOVA. K následnému testování byl použit test podle Tukeye.

VÝSLEDKY A DISKUZE

U všech variant s aplikovanou sírou bylo dosaženo v průměru vyššího výnosu hlíz brambor oproti nehnojené kontrole (graf 1) podobně jak uvádí JAN *et al.* (1995) ve výsledcích z pokusů se síranem amonným. Zvýšení výnosu však nebylo u žádné z variant statisticky významné.

Graf 1: Srovnání výnosů hlíz jednotlivých variant

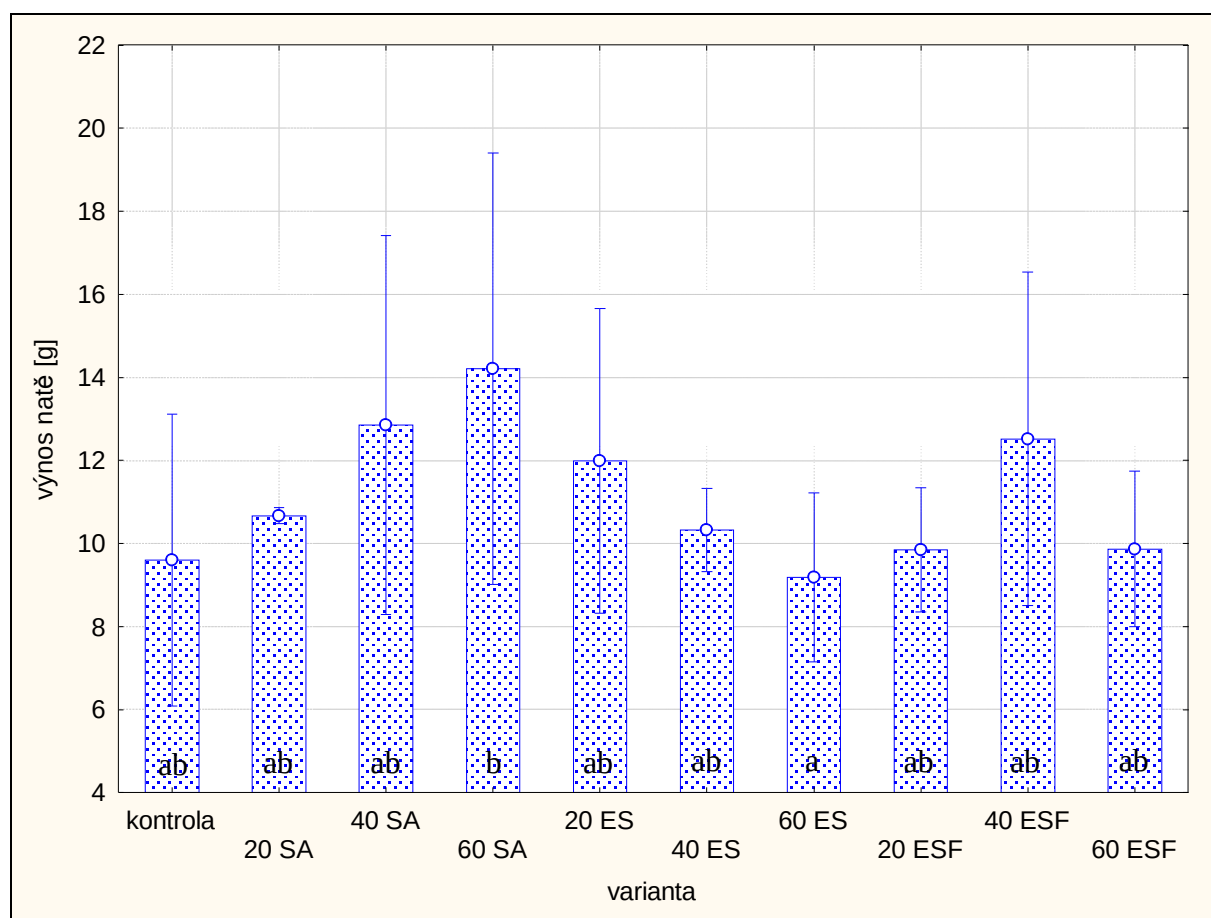


SA – síran amonný; ES – elementární S; ESF – foliárně aplikovaná S [$\text{mg S} \cdot \text{kg}^{-1}$]

Průměrné hmotnosti natě uvádí graf 2. Na variantě ošetřené nejvyšší dávkou elementární síry byla statisticky průkazně nižší ($p < 0,05$) než u rostlin hnojených toutéž dávkou ve formě síranu amonného. Mezi ostatními variantami nebyl zjištěn statistický rozdíl.

Graf 3 ukazuje průměrné hodnoty napadení jednotlivých variant plísní bramborovou. Při zhodnocení výsledků analýzou variance bylo zjištěno, že varianta ošetřená nejvyšší dávkou dispergovatelného mikrogranulátu na list vykazovala statisticky průkazně vyšší ($p < 0,001$) napadení než ostatní varianty. Míra napadení varianty hnojené $20 \text{ mg S} \cdot \text{kg}^{-1}$ ve formě síranu amonného byla průkazně nižší ($p < 0,05$) než napadení varianty hnojené $60 \text{ mg S} \cdot \text{kg}^{-1}$ ve formě elementární S.

Graf 2: Srovnání výnosů natě jednotlivých variant

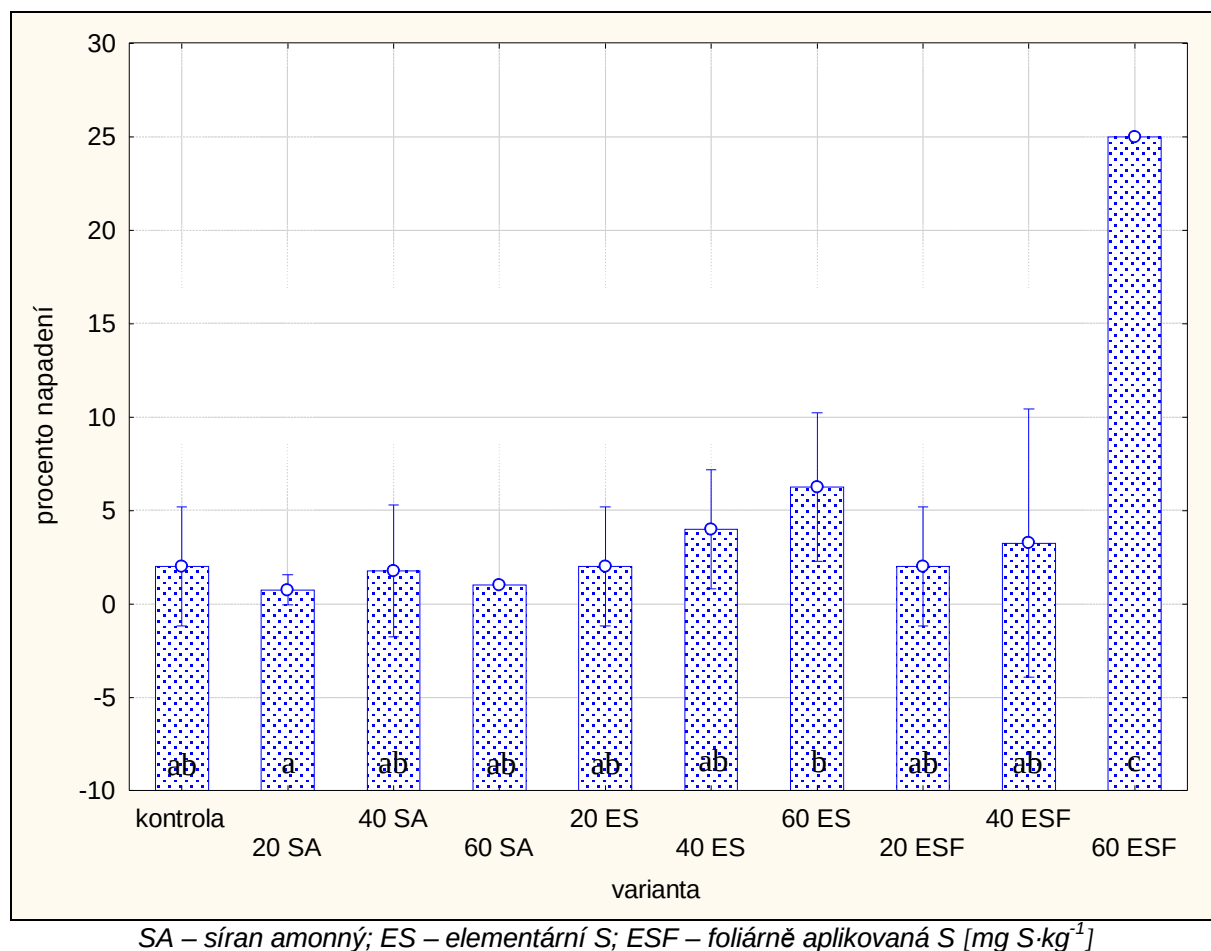


SA – síran amonný; ES – elementární S; ESF – foliárně aplikovaná S [$\text{mg S} \cdot \text{kg}^{-1}$]

V obdobné práci prokázali BLOEM *et al.* (2004) pozitivní vliv aplikace síry na poškození bramboru kořenomorkou bramborovou (*Rhizoctonia solani* Kühn) a strupovitostí obecnou (*Streptomyces scabies* Thaxter). Také JAN *et al.* (1995) konstatuje, že hnojení síranem amonným průkazně snížilo výskyt strupovitosti obecné na hlízách brambor.

Oproti očekávání nevykazovaly varianty hnojené sírou ve srovnání s kontrolní variantou statisticky průkazně nižší napadení a rozvoj plísně bramborové. Průkazný rozdíl u varianty ošetřené nejvyšší dávkou mikrogranulátu elementární síry je zřejmě možno přičíst procesu oxidace elementární síry na povrchu a v povrchových partiích listu. Větší množství vznikajících síranů, resp. kyseliny sírové, u této dávky elementární síry mohlo napomoci rozvoji infekce plísní bramborovou.

Graf 3: Srovnání procenta napadení rostlin jednotlivých variant plísní bramborovou



ZÁVĚR

Hypotéza, že aplikovaná síra sníží výskyt plísně bramborové na rostlinách, nebyla potvrzena. Varianta hnojená nejvyšší dávkou dispergovatelného mikrogranulátu elementární síry naopak vykazovala nejvyšší míru napadení ze všech variant. Výnos hlíz nebyl aplikací síry významně ovlivněn a nebyl zjištěn ani signifikantní rozdíl mezi působením jednotlivých dávek nebo forem síry.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Bloem E., Haneklaus S. et al., 2000: Aspects of agronomical and Physiological research on sulfur deficiency in agricultural crops. In: L. J. De Kok: Plant Sulfur Research in Europe. FAL, Braunschweig, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 218: 11 – 15.
- Bloem E., Haneklaus S., Schnug E., 2004: Einfluss der Schwefelversorgung auf die natürliche Resistenz von Kulturpflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Kartoffel [on-line]. Deutsche

phytomedizinische Gesellschaft e. V. [cit. 2004-11-05; 07:33 CET]. Dostupné na internetu: <http://www.phytomedizin.org/ak/05/05-3.htm#2>, last modified: 2004-10-11; 20:29:37 CEST.

Boswell C. C., 1997: Dryland lucerne responses to elemental sulphur of different particle sizes applied at different rates and frequencies in North Otago, New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 40: 283 – 295.

Briat J. F., Lebrun M., 1999: Plant responses to metal toxicity [on-line]. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie*, 322 (1): 43 – 54. [cit. 2004-11-06; 17:45 CET]. Dostupné na internetu: <http://www.sciencedirect.com>.

Carlisle D.J., Cooke L.R., Watson S., 2002: Foliar aggressiveness of Northern Ireland isolates of *Phytophthora infestans* on detached leaflets of three potato cultivars. *Plant Pathology*, 53: 424 - 434.

De Kok L. J., Stulen I., 1993: Role of glutathione in plants under oxidative stress. In: L. J. De Kok, I. Stulen, H. Rennenberg, C. Brunold, W. E. Rauser (eds.), *Sulphur Nutrition and Assimilation in Higher Plants. Regulatory, Agricultural and Environmental Aspects*. SPB Academic Publishing, The Hague: 125 – 138.

Haneklaus S., Bloem E., Schnug E., 2002: The significance of sulphur induces resistance (SIR) for sustainable agricultural production. 13th International Reinhardtbrunn Symposium “Modern Fungicides and Antifungal Compounds”, 14-18 Mai 2001 in Friedrichroda, Germany: 365 – 371.

Hérouart D., Baudouin E. et al., 2002: Reactive oxygen species, nitric oxide and glutathione : a key role in the establishment of the legume-*Rhizobium* symbiosis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40: 619 – 624.

Jan H. et al., 1995: Studies on the effect of chemicals and nutrients on the control of common scab of potato. Research and development of potato production in Pakistan. *Proceedings of the National seminar*, 23-25 April 1995, Islamabad, Pakistan: 147 – 155.

Jolivet P., 1993: Elemental sulfur in agriculture. In: L.J. De Kok, I. Stulen, H. Rennenberg, C. Brunold, W. E. Rauser (eds.), *Sulphur Nutrition and Assimilation in Higher Plants. Regulatory, Agricultural and Environmental Aspects*. SPB Academic Publishing, The Hague: 193 – 206.

Mizuno N., Yoshida H., Tadano T., 2000: Efficacy of single application ammonium sulfate in suppressing potato common scab. *Soil science and plant nutrition*, 46 (3): 611 – 616.

OEPP/EPPO (1989) EPPO Standard PP 2/1989 Guideline on good plant protection practice: principles of good plant protection practice. [cit. 2004-02-10; 17:45 CET]. Dostupné na internetu: <http://www.eppo.org/STANDARDS/standards.htm>

- Pedersen C.A., Knudsen L., Schnug E., 1998: Sulphur fertilisation. In: E. Schnug (ed.), Sulphur in Agroecosystems. Kluwer Academic Publishers: 115 – 134.
- Salac I., Bloem E. et al., 2003: Sulphur induced resistance (SIR). Fertilizers and Fertilization, Polish Fertilizer Society, 4(17): 206 – 211. ISSN 1509-8095.
- Schnug E.; Booth E. et al., 1995: Sulphur supply and stress resistance in oilseed rape. Proc. 9th Int. Rapeseed Congress, Cambridge: 229 – 231.
- Singh A., Singh D.V., 1993: Influence of different sources of nitrogen on development of common scab (*Streptomyces aureofaciens*) of potato (*Solanum tuberosum*) and its yield. Indian journal of agricultural sciences, 63 (9): 597 – 598.
- Stulen I., De Kok L. J., 1993: Whole plant regulation of sulfur metabolism - a theoretical approach and comparison with current ideas on regulation of nitrogen metabolism. In: L. J. De Kok, I. Stulen, H. Rennenberg, C. Brunold, W. E. Rauser (eds.), Sulphur Nutrition and Assimilation in Higher Plants. Regulatory, Agricultural and Environmental Aspects. SPB Academic Publishing, The Hague: 77 – 91.

*Príspevek vznikl za podpory Fondu rozvoje vysokých škol jako výstup projektu
FRVŠ 171/2004 „Vliv výživy sírou na zdravotní stav brambor“.*