

THE EFFECT OF ORGANIC FERTILIZERS ON SULPHUR CONTENT IN THE RHIZOSPHERE OF WHEAT, RAPE AND LUPINE

VLIV ORGANICKÉHO HNOJENÍ NA OBSAH SÍRY V RHIZOSFÉŘE ROSTLIN PŠENICE, ŘEPKY A LUPINY

Habásková B., Balík J., Nedvěd V.

Katedra agrochemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze Kamýcká 957 1, 165 21 Praha 6 - Suchbátka, Česká republika.

E-mail: habaskova@af.czu.cz, balik@af.czu.cz,

ABSTRACT

In our experiment, the effect of different fertilization systems (untreated control, sewage sludge, and farmyard manure) on water extractable S forms (total extractable and mineral S-SO₄²⁻) in rhizosphere of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), winter rape (*Brassica napus* L.), and white lupin (*Lupinus albus* L.) was investigated in rhizobox experiment provided in a special design rhizoboxes (Wenzel et al., 2001) allowing sampling of soil rhizosphere profile according to thickness of 1 mm per one layer. The content of total extractable and mineral S-SO₄²⁻ sulfur was higher in plant rhizosphere compared to bulk soil regardless of plant species. The contents of total extractable S decreased in order white lupin (5-35 mg.kg⁻¹) > rape (4-18 mg.kg⁻¹) > wheat (1.5-3 mg.kg⁻¹). The same order was observed for mineral S-SO₄²⁻ where the contents in soil extracts were 1-10 mg.kg⁻¹, 2-7 mg.kg⁻¹, and 0.5-2.5 mg.kg⁻¹, respectively. At treated variants the results showed higher contents of extractable S compared to untreated ones.

Keywords: wheat, rape, lupine, rhizosphere, sulphur, sewage sludge

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo sledovat vliv různých systémů organického hnojení na rozdělení obsahu síry v rhizosféře tří zemědělských plodin pšenice ozimé (*Triticum aestivum* L.), řepky ozimé (*Brassica napus* L.) a lupiny bílé (*Lupinus albus* L.). Byla použita zemina z dlouhodobých výživářských pokusů ze stanoviště Lukavec (kambizem). Použity byly tři varianty hnojení: nehnojená kontrola, hnojeno čistírenskými kaly a chlévským hnojem. Pokusy byly uskutečněny v klimaboxu za stalých podmínek a bylo použito techniky s rhizoboxy. Při ukončení experimentu byl rhizosférický oddíl odstraněn a byla provedena separace půdních vrstev po 1 mm (Wenzel et al., 2001). U všech pokusných plodin byl obsah celkové extrahovatelné síry a minerální S-SO₄²⁻ vyšší v rhizosféře (od 1 mm do 6 mm od kořenů) než v „bulk soil“ (od 6mm). Nejvyšší obsahy celkové extrahovatelné síry (5-35 ppm) a minerální S-SO₄²⁻ (1-10 ppm) byly stanoveny v rhizosféře lupiny bílé. Dále následovala řepka s obsahy celkové extrahovatelné síry (4 – 18 ppm) a minerální S-SO₄²⁻ (2-7 ppm). Nejnižší obsahy celkové extrahovatelné síry (1,5-3 ppm) a minerální S-SO₄²⁻ (0,5-2,5 ppm) byly stanoveny u pšenice ozimé. Dle variant bylo nejvíce celkové extrahovatelné síry a minerální síry na variantách hnojených organickými hnojivy.

Klíčové slova: pšenice, řepka, lupina, rhizosféra, síra, čistírenský kal

ÚVOD

Rhizosféra je klíčová zóna z hlediska příjmu živin rostlinami. Fyzikálně chemické procesy ve vztahu půda–kořeny se vzájemně podstatně liší od procesů mimo rhizosféru (Darrah, 1993). Dynamika změn živin v rhizosféře byla intenzivně studována pro fosfor (Gahoonia a Nielsen, 1992; Zoyza et al., 1997), dusík, draslík, vápník, a hořčík (Moritsuka et al., 2000). Omezené údaje jsou však pro účinek a rozdělení různých frakcí S v rhizosféře na růst rostlin (Han a Yoshida, 1982; Hu a Shen, 1997, Hu et al., 2003).

Sorpční charakteristiky živin v rhizosféře se podstatně liší od procesů v tzv. okolní půdě (bulk soil). Kořeny působí jako příjemce pro minerální živiny transportované do plochy kořenů hmotovým tokem a difuzí. Navíc kořeny přijímají přednostně buď ionty nebo vodu, což vede k vyčerpání nebo hromadění iontů. Kořeny také uvolňují H^+ nebo HCO_3^- (a CO_2), které mění pH a kořeny přijímají nebo uvolní O_2 , který může způsobit změny v oxidačně-redukčním potenciálu. Kořenové exudáty mohou mobilizovat minerální živiny, které přímo poskytují energii pro mikrobiální aktivitu v rhizosféře. Toto indukované přizpůsobení kořenů má rozhodující význam pro minerální výživu rostlin. Přestože chemické vlastnosti okolní půdy jsou velmi důležité pro růst kořenů a přijatelnost minerálních živin, podmínky v rhizosféře a rozsah, ve kterém mohou kořeny modifikovat tyto podmínky, hrají velmi důležitou roli v příjmu minerálních živin. Podmínky v rhizosféře jsou také důležité pro přizpůsobení rostlin k nepříznivým chemickým podmínkám půdy, které se například vyskytují v kyselých minerálních půdách (Marschner, 2003). Řada studií je zaměřena na vliv exudátů a na okyselení rhizosféry, což zlepší mobilizaci fosforu (Hinsinger, 1990). Okyselení v rhizosféře se může také vyskytovat v přítomnosti hnojiv s amonným iontem, která uvolní protony následkem procesu nitrifikace (Muranyi et al., 1993). Podle Grayston a Germida (1990) je přítomnost mikroorganismů, které oxidují S, zvláště podporovaná kořenovými exudáty řepky. Takto je zřejmé, že rhizosféra rostlinných druhů je zapojena do půdní dynamiky N a S a jejich dostupnosti pro rostliny, přesto málo prací prozkoumalo tento aspekt.

Hu et al. (2003) se zabývali distribucí frakcí S v rhizosféře rostlin. Zjistili, že distribuce frakcí je různá v závislosti na typu porostu. Zkoumali rhizosféru řepky a rýže. Více celkové anorganické $S-SO_4^{2-}$ bylo nalezeno v rhizosféře než v „bulk soil“ u řepky a také u rýže. Pravděpodobnou příčinou je zde hmotový tok ke kořenům (Barber, 1995). Více organické S bylo nalezeno v rhizosféře než mimo rhizosféru řepky, zatímco opačné výsledky byly získány pro rýži. Více S v sulfátesterové vazbě se nacházelo mimo rhizosféru půdy než v půdě rhizosféry řepky. Paul a Schmidt (1961) zjistili mírně vyšší obsah cysteinu a methioninu v rhizosféře než v půdě mimo rhizosféru. Aminokyseliny, jako cystein a methionin jsou hlavní složky S vázané přímo na C (Tabatabai, 1982; Freney, 1986). Aminokyseliny obsahující S se nehromadí ve volných formách, protože jsou v aerobních půdách rychle degradovány (Fitzgerald, 1978).

Cílem této studie bylo zkoumat vliv různých systémů organického hnojení na rozdělení obsahu S v rhizosféře pšenice ozimé, řepky ozimé a lupiny bílé.

MATERIÁL A METODIKA

Jako testovací plodina byla použita pšenice ozimá, řepka ozimá a lupina bílá. V pokusu byla použita zemina z dlouhodobých výživářských pokusů s aplikací čistírenských kalů, hnoje a slámy. Pro tento pokus byla použita zemina ze stanoviště Lukavec (kambizem).

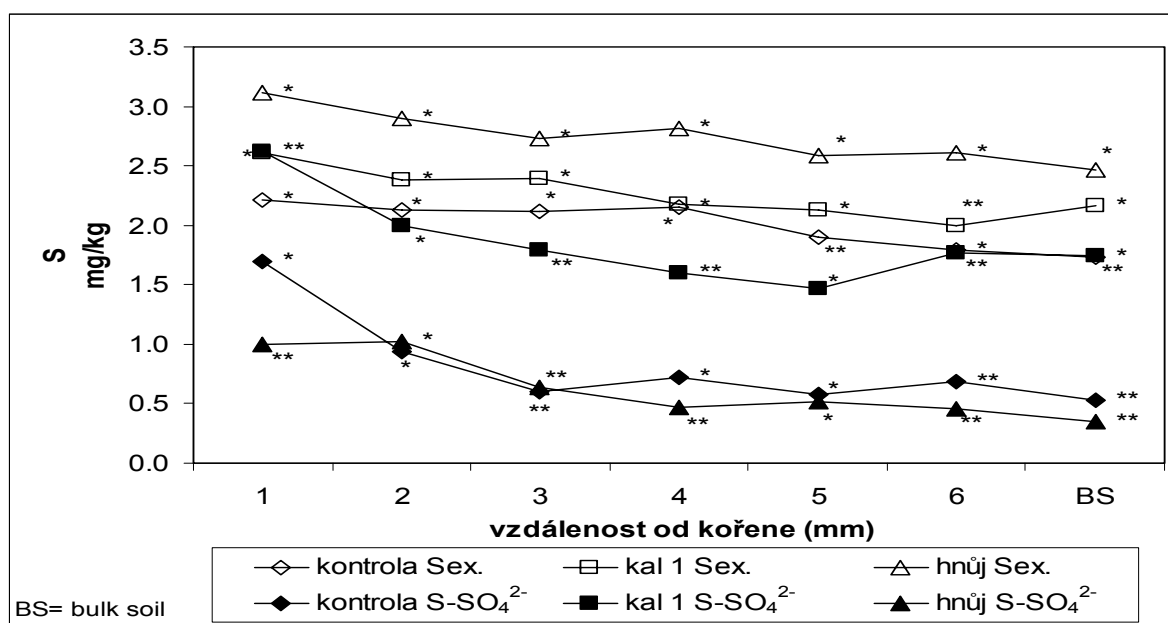
Délka jednoho pokusného období byla 8 týdnů (od zasetí po sklizeň). Bylo použito frakce < 2 mm (vysušená za přirozené teploty). Nejdříve byl založen kořený oddíl, kde byly zasety rostliny (10 rostlin pšenice, 8 rostlin řepky a 4 rostliny lupiny). Po zakořenění rostlin (asi 7 dní) byl založen rhizosférní oddíl a rostliny byly pěstovány 7 týdnů za stalých podmínek (den 24°C a vlhkost 95%; noc 16°C a vlhkost 60%). Rostliny byly zalévány demineralizovanou vodou. Po skončení pokusu byla provedena sklizeň rostlin a separace rhizosféry po 1mm.

Obsah celkové a minerální síry v půdě byl stanoven ve vodném výluhu (v poměru 1:10). Analýza celkového množství extrahovatelné síry byla provedena na přístroji ICP-OES, Varian Vista Pro a obsah minerální S-SO₄²⁻ na přístroji Skalar SAN^{plus} SYSTEM.

VÝSLEDKY A DISKUZE

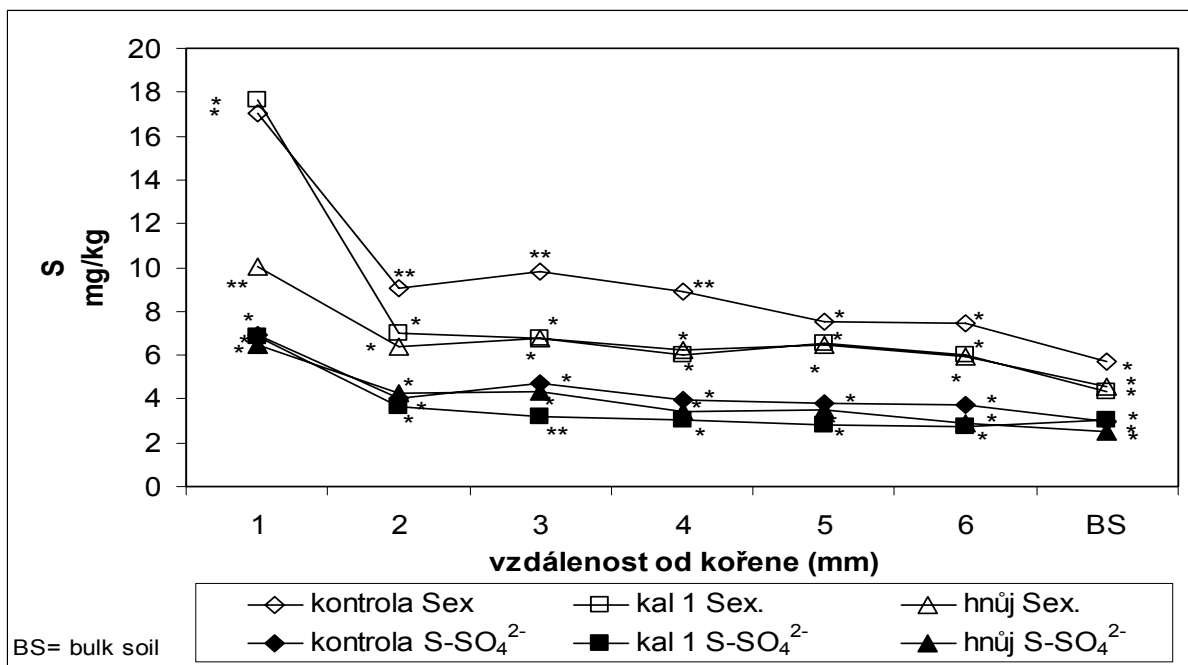
Obsah celkové extrahovatelné síry (Sex.) ve vodném výluhu při pěstování **pšenice** byl nejvyšší do 1 mm od kořenů a se vzdáleností od kořenů obsah síry mírně klesá. Nejvíce celkové síry bylo stanoveno na variantě hnojené hnojem, pak nižší obsah byl na variantě hnojené čistírenským kalem a nejméně obsahuje nehnojená kontrola (graf 1). Obsah Sex. se pohybuje v rozsahu 1,5 – 3 ppm. Obdobné výsledky jsou pro obsah minerální S-SO₄²⁻ (graf 1). Minerální síry bylo nejvíce stanoveno na variantě hnojené čistírenskými kaly. Toto koresponduje z výsledky Lasserre et al. (2000), kteří našli u ječmene množství S-SO₄²⁻ významně vyšší v rhizosféře než v půdě mimo rhizosféru.

Graf 1: Množství extrahovatelné a minerální (S-SO₄²⁻) síry ve vodném výluhu, pšenice ozimá



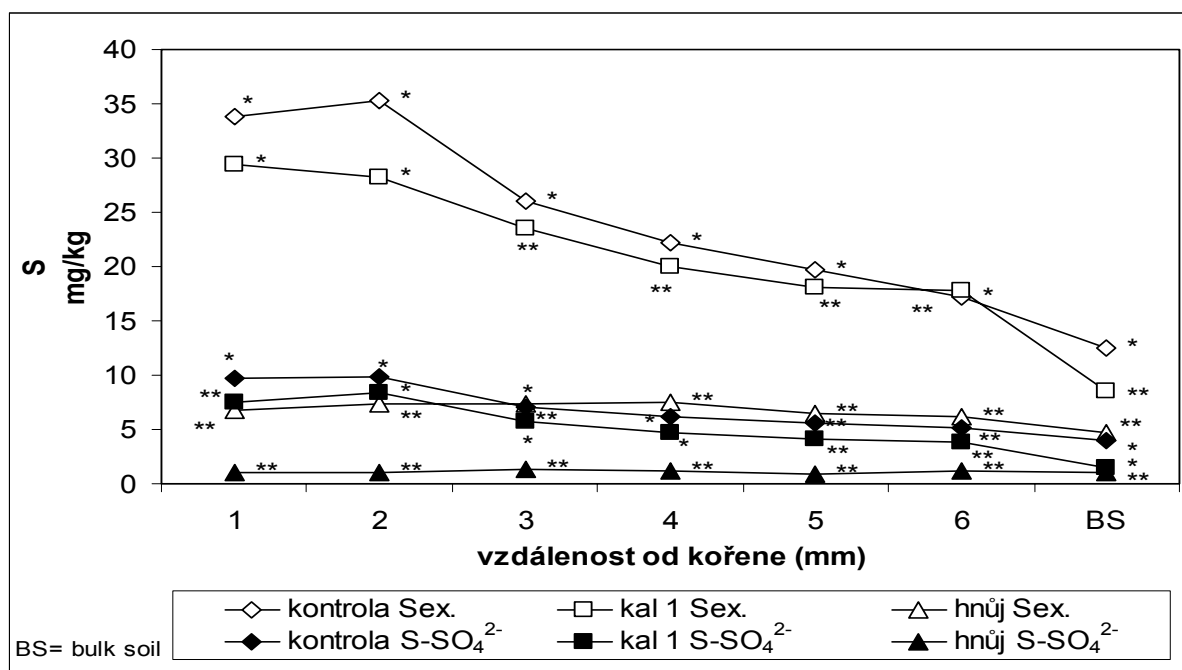
Při pěstování **řepky** byl stanoven vyšší obsah celkové extrahovatelné síry ve vodném výluhu než při pěstování pšenice. Obsahy byly v rozmezí 4 – 18 ppm. Zde bylo též nejvíce síry v rhizosféře a pokles směrem od kořenů byl výraznější (graf 2). Více celkové Sex. bylo na nehnojené variantě oproti variantě hnojené čistírenským kalem, ale ve vzdálenosti nejbližší u kořene (do 1 mm od kořene) byla naměřena nejvyšší hodnota obsahu síry 17,3 ppm. Stejný průběh mají hodnoty $S-SO_4^{2-}$, ale jsou zde obsahy v rozmezí 2 – 7 ppm (graf 2), což je přibližně 50% z obsahu extrahovatelné síry. Naše výsledky korelují s Barber (1995) a Hu et al. (2003), kteří našli více celkové S a anorganické $S-SO_4^{2-}$ v rhizosféře než mimo rhizosféru řepky. Důvodem by mohla být vyšší arylsulfatasová aktivita, což je enzym, který katalyzuje rozklad sulfátových esterů (Fitzgerald, 1978).

Graf 2: Množství extrahovatelné a minerální ($S-SO_4^{2-}$) síry ve vodném výluhu, řepka ozimá



Stanovené obsahy celkové extrahovatelné síry ve vodném výluhu při pěstování **lupiny** byly nejvyšší ze všech sledovaných plodin. Hodnoty celkové síry se pohybovaly v rozsahu 5 – 35 ppm. Nejvíce extrahovatelné celkové síry bylo stanoveno na nehnojené variantě a nepatrně nižší bylo u varianty hnojené čistírenským kalem a nejméně u varianty hnojené chlévským hnojem. Toto ukazuje graf 3. Obsahy minerální $S-SO_4^{2-}$ byly od 1 – 10 ppm. Obsahy $S-SO_4^{2-}$ a průběh dle variant byly stejné jako u celkové extrahovatelné síry (graf 3).

Graf 3: Množství extrahovatelné a minerální ($S-SO_4^{2-}$) síry ve vodném výluhu, lupina bílá



ZÁVĚR

Obsah celkové extrahovatelné S je vyšší v rhizosféře všech sledovaných rostlin (ozimé pšenice, ozimé řepky a lupiny bílé) než v „bulk soil“. Totéž platí i pro obsah minerální síry. Dle variant bylo stanoveno nejvíce celkové extrahovatelné síry a minerální síry na variantách hnojených organickými hnojiv. Obsahy celkové extrahovatelné síry v rhizosféře dle plodin byly v tomto pořadí: lupina bílá (5-35 ppm) > řepka ozimá (4 – 18 ppm) > pšenice ozimá (1,5-3 ppm). Též obsahy minerální $S-SO_4^{2-}$ v rhizosféře námi sledovaných plodin měly stejnou tendenci. Nejvíce bylo stanoveno $S-SO_4^{2-}$ v rhizosféře lupiny bílé (1-10 ppm), pak následovala řepka ozimá s obsahy $S-SO_4^{2-}$ (2-7 ppm) a nejnižší obsahy $S-SO_4^{2-}$ byly u pšenice ozimé (0,5-2,5 ppm).

Příspěvek byl zpracován v rámci grantu NAZV QF4160 a grantu FRVŠ 2278/2006.

LITERATURA

Barber S.A.: Sulfur. In Soil Nutrient Bioavailability, 2nd Ed.; Barber, S.A., Ed.; John Wiley & Sons, Inc.: New York; str. 301–310, 1995.

Darrah P. R.: The rhizosphere and plant nutrition: a quantitative approach. Plant Soil 155/156, str. 1–20, 1993.

Grayston S. J., Germida J. J.: Influence of crop rhizosphere on populations and activity of heterotrophic sulfur-oxidizing microorganisms. Soil Biol. Biochem., 22, str. 457-463, 1990.

- Han K. W., Yoshida T.: Sulfur mineralization in rhizosphere of lowland rice. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 28, str. 379–387, 1982.
- Hu Z. Y., Shen H.: Study on the bioavailability of soil organic S fractions. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences), (Special Issue) (in Chinese)* 33, str. 250-252, 1997.
- Hu Z.Y., Yang Z.Y., Xu C.K., Haneklaus S., Cao Z.H., Schnug E: Effect of crop growth on the distribution and mineralization of soil sulphur fractions in the rhizosphere. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 3, str. 249–254, 2002.
- Hu Z., Haneklaus S., Wang S., Xu Ch., Cao Z., a Schnug E.: Comparison of Mineralization and Distribution of Soil Sulfur Fractions in the Rhizosphere of Oilseed Rape and Rice. *Communications in soil science and plant analysis*, Vol. 34, Nos. 15 & 16, str. 2243–2257, 2003.
- Fitzgerald J.W.: Naturally occurring organic sulfur compounds in soils. In *Sulfur in the Environment. Part II. Ecological Impact*; Nriagu, J.O., Ed.; John Wiley & Sons: New York; str. 391–443, 1978.
- Freney J. R.: Forms and reactions of organic sulfur compounds in soils. In: Tabatabai, M. A. (Ed.). *Sulfur in Agriculture. Agronomy Monograph No.27*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, str. 207-231, 1986.
- Gahoonia T. S., Nielsen N. E.: The effect of root-induced pH changes on the depletion of inorganic and organic phosphorus in the rhizosphere. *Plant Soil*, 143, str. 185–191, 1992.
- Lasserre F.; Vong P.C.; Guckert A.: Fate of Nitrogen and Sulphur as Affected by the Rhizosphere of Oilseed Rape and Barley. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 31 (1&2), str. 173–185, 2000.
- Marschner H.: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, 2003.
- Moritsuka N. J., Yanai J., Kosaki T.: Effect of plant growth on the distribution and forms of soil nutrients in the rhizosphere. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 46, str. 439–447, 2000.
- Paul E.A., Schmidt E.L.: Formation of free amino acids in rhizosphere and nonrhizosphere soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 25, str. 359–362, 1961.
- Tabatabai M.A. Sulfur. In *Methods of Soil Analysis. Part2. Chemical and Microbiological Properties*, 2nd Ed.; Page, A.L., Freney, J.R., Miller, R.H., Eds.; ASA and SSSA: Madison, WI, str. 501–538, 1982.
- Wenzel W.W., Wieshammer G., Fitz W. J., Puschjenreiter M.: Novel rhizobox design to assess rhizosphere characteristics at high spatial resolution, *Plant and soil*, 237 (1): str. 37-45, 2001.
- Zoyza A. K. N., Loganathan P., Hedney M. J.: A technique for studying rhizosphere processes in tree crops: soil phosphorus depletion around camellia (*Camellia Japonica* L.) roots. *Plant Soil*, 190, str. 253–265, 1997.