

ÚČINNOST APLIKOVANÉHO BÓRU U ŘEPKY OZIMÉ

Efficiency of Boron Applications in Oilseed Rape

Petr ŠKARPA, Rostislav RICHTER, Jiří ANTOŠOVSKÝ

Mendelova univerzita v Brně

Summary: The aim of the pot trial with oilseed rape (*Brassica napus* L.) was to determine the efficiency of boron application. Vegetation experiment was established in climabox of Department of agrochemistry, soil science, microbiology and plant nutrition on Mendel biotechnology pavilion, Mendel University in Brno. The experiment included the treatments with foliar application of fertilizers Borosan Forte (with and without wetting agent), Borosan Humine and boric acid and soil supplementation of ammonium sulfate with boron. The dry weight of plant increased most after application of Borosan Forte with a wetting agent, boric acid inhibited the growth of plants. Increase of the boron content in plant statistically highly correlated with the weight of the fertilizer solution adhering on the plant ($r = 0.907$). The adhesion of the fertilizer solution on over ground biomass was increased more than 2.5-fold after application Borosan Forte with wetting agent. The percentage of foliar applied boron that was absorbed into plant ranged from 12 (Borosan forte) to 16% (Borosan Humine) of the applied dose. Absorption of boron, which was applied with boric acid, was very low (1% of the total dose). More than 70% of the soil applied boron was uptake by plant.

Key words: oilseed rape, boron, foliar nutrition, fertilization efficiency

Souhrn: Cílem nádobového pokusu bylo prověřit efektivitu výživy bórem u řepky ozimé (*Brassica napus* L.). Vegetační pokus byl založen ve fytotronu Ústavu agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin na Mendelově biotechnologickém pavilonu, MENDELU. V pokusu byly zařazeny varianty s mimokořenovou aplikací hnojiv Borosan Forte (v kombinaci se smáčedlem a bez něj), Borosan Humine a kyseliny borité a půdní aplikací síranu amonného s bórem. Hmotnost sušiny se zvýšila nejvíce po aplikaci Borosan Forte se smáčedlem, kyselina boritá inhibovala růst rostlin. Nárůst obsahu bóru v rostlině statisticky vysoce koreluje s hmotností aplikovaného roztoku ulpělého na rostlině ($r = 0,907$). Použitím smáčedla se více než 2,5 násobně zvýšila přilnavost roztoku hnojiva Borosan Forte na nadzemní části rostlin. Po deseti dnech bylo absorbováno z hnojiv Borosan Forte cca 12 %, z hnojiva Borosan Humine se do rostliny dostalo 16 % bóru. Absorpce bóru aplikovaného kyselinou boritou byla velmi nízká (1 % z celkové dávky). Bór aplikovaný síranem do půdy byl rostlinou využit z více než 70 %.

Klíčová slova: řepka ozimá, bór, mimokořenová výživa, účinnost hnojení

Úvod

Hnojení bórem u řepky ozimé je v dnešní době poměrně běžné pěstitelské opatření. Jeho potřeba, vyjádřená odběrovým normativem na tvorbu hlavního výnosu a tomu odpovídajícího množství slámy, se pohybuje v rozmezí 75 – 110 g/1t semen. Bór má velký význam při tvorbě generativních orgánů (Dell, Huang 1997), hraje důležitou roli při formaci pylu, ovlivňuje jeho sterilitu a je tedy důležitý pro tvorbu květů a semen. Při středně silném až silném deficitu rostliny neutváří funkční květy a mohou přestat produkovat semena (Mozafar 1993). Z uvedených důvodů je vhodné bórem hnojit v období dlouhivého růstu až do fáze kvetení.

Kromě jeho vlivu na dusíkatý metabolismus (Brown et al. 2002, Gupta 2007) se účastní dělení a prodlužování rostlinných buněk (Shelp 1993) a má význam při vývoji kořenů (Dell, Huang 1997, Josten, Kutschera 1999, Mei et al. 2016). Bór se také přímo

zapojuje do syntézy sacharidů, ovlivňuje jejich translokaci (Gupta 2007, Han et al. 2008) a tvorbu stabilních polysacharidů v buněčných stěnách. Kromě toho se bór podílí na zvýšení antioxidační aktivity rostlin (Xu et al. 2008). Z výše uvedeného je patrná jeho potřeba již v podzimním období, a to zejména pro stimulaci růstu kořenové soustavy a zvýšení odolnosti rostlin proti případnému poškození nízkými teplotami. Potřeba aplikace bóru je především na lehčích půdách, v podmínkách sucha a jeho snížené přijatelnosti z půdy. K dodání potřebného množství této živiny je vhodné využít listovou aplikaci, a to jak v podzimním období, tak na jaře. Efektivita mimokořenové výživy je dána mnoha faktory, mezi které patří i rychlost absorpce živiny povrchem listů řepky ozimé. A právě ověření intenzity příjmu mimokořenově, ale i půdně aplikovaného bóru rostlinami řepky ozimé bylo hlavním cílem předkládané studie.

Metodika pokusu

Tab. 1 Rozbor půdy použité v pokusu

pH (CaCl ₂)	mg/kg					
	P	K	Ca	Mg	Síra stanove- ná ve vodním výluhu	B
7,20	162	232	2300	185	9,16	0,80
Neutr.	V	D	D	D	-	S

V – vysoký; D – dobrý; N – nízký; S – střední

Experiment byl založen formou přesného vegetačního nádobového pokusu ve fytotronech. Modelovou plodinou byla řepka ozimá (DK EXCELLIUM, hybrid, Monsanto [Dekalb]). Rostliny řepky byly vysety 17. 12. 2015 v počtu 4 semen do nádoby obsahující 400 g půdy. Půda byla středně těžká, její agrochemický rozbor uvádí tabulka 1.

Přístupné živiny (P, K, Ca a Mg) byly stanoveny ve výluhu Mehlich III metodou atomové absorpční spektrofotometrie (AAS) na přístroji ContrAA 700

(Analytik Jena AG, Jena, Německo) a kolorimetricky na přístroji UV/VIS spektrofotometr ATI Unicam 8625 (Cambridge, Velká Británie). Vodorozpustná síra byla zjištěna ve filtrátu vodného výluhu zeminy a bór po extrakci vodou za varu podle Bergera a Thruoga (1940), *obě živiny* metodou ICP-OES na přístroji Spectro Arcos (Spectro Analytical Inst. GmbH, Německo).

Každá z variant byla založena v 9 nádobách ve schématu uvedeného v tabulce 2.

Nádoby byly umístěny ve fytotronech v regulovaném teplotním, vlhkostním a světelném režimu (teplota: 8 – 20 hod. 15°C, 20 – 8 hod. 8°C; vlhkost: 8 – 20 hod. 55 %, 20 – 8 hod. 90 %; světelný režim: 8 – 20 hod. 350 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 20 – 8 hod. 0 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) a s pravidelnou zálivkou. Po vzejití rostlin byly nádoby vyjednoceny na jednu rostlinu na nádobu. Ve fázi 5. pravého listu (18. 3. 2016) byla provedena aplikace bóru postřikem tak, aby nedošlo ke kontaminaci zeminy roztokem. Pro zjištění množství postřiku, které ulpělo na rostlině, byly při mimokořenové aplikaci rostliny včetně nádob před a ihned po ošetření zváženy. Síran amonný s bórem byl v daném termínu přihnojen do půdy formou zálivky. Odběr

nadzemní části rostlin byl proveden 2. (20. 3. 2016), 5. (23. 3. 2016) a 10. (28. 3. 2016) den po ošetření. Rostliny byly ve všech termínech po odběru opláchnuty v 5% roztoku HCl (z důvodu smytí hnojiva z povrchu listů) a následně vysušeny při 50 °C. Po vysušení byla stanovena hmotnost jejich sušiny a po mineralizaci v uzavřeném mikrovlnném systému v prostředí HNO₃ a H₂O₂ (Zbiral a kol. 2005) v přístroji Ethos 1 (Milestone S.r.l., Sorisole, Itálie) byly stanoven obsahy B v nadzemní hmotě ve třech opakováních. Stanovení B bylo provedeno metodou ICP-OES (Spectro Analytical Inst. GmbH, Německo).

Zjištění množství bóru absorbovaného rostlinou z mimokořenové a půdní aplikace bylo provedeno po odečtení jeho obsahu stanoveném na variantě kontrolní (bez aplikace) od obsahu zjištěném na variantě s přihnojením. Při výpočtu bylo zohledněno množství roztoku, které ulpělo na listu, ve zvolené koncentraci (tab. 2).

Výsledky rozborů byly zhodnoceny statistickými metodami (STATISTICA 12) metodou ANOVA s následným testováním dle Fischera, při 95 % hladině významnosti ($P \leq 0,05$).

Tab. 2 Schéma pokusu

Varianta	Hnojivo	Dávka hnojiva (l, g/ha)	Dávka B (g/ha)
K	-	0	0
B1	Borosan Forte	3 l	450
B2	Borosan Forte + smáčedlo*	3 l	450
B3	Borosan Humine	3 l	300
B4	Kyselina boritá	50 g/l**	-
B5	Síran amonný s bórem***	0,1 g N na nádobu	0,2 % B v hnojivu

* Smáčedlo Silwet Star, ** není hnojivo, bylo rozpuštěno 50 g H₃BO₃ v 1 l vody a roztok aplikován na řepku, hnojivo aplikované do půdy

Výsledky pokusu

Hmotnost sušiny rostlin řepky 2. (20. 3. 2016) a 10. (28. 3. 2016) den po mimokořenové aplikaci živin prezentuje graf 1. I když byl v hmotnosti rostlin zjištěn v uvedených termínech signifikantní rozdíl mezi jednotlivými variantami, nelze tuto skutečnost přisuzovat pouze účinkům hnojiv a to v důsledku jejich poměrně krátké doby působení. Patrný je však na jednu stranu statisticky průkazný ($p \leq 0,05$) nárůst hmotnosti rostlin po aplikaci dusíku v síranu amonném s bórem (B5), na stranu druhou negativní vliv kyseliny borité na hmotnost sušiny rostlin, která byla u této varianty ze všech nejnižší.

V termínu hnojení byl v nadzemní části rostlin řepky stanoven obsah živin na úrovni: 5,68 % N, 0,65 % S a 21,2 mg B/kg abs. sušiny. Obsah bóru stanovený v sušině rostlin odebraných 2., 5. a 10. den po aplikaci hnojiv uvádí graf 2.

Nejvyšší obsah byl zjištěn na variantě hnojené hnojivem Borosan Forte v kombinaci se smáčedlem. U této varianty bylo množství bóru v rostlině významně navýšeno již po 48 hodinách od aplikace. Nárůst v jeho obsahu byl při srovnání s variantou bez smáčed-

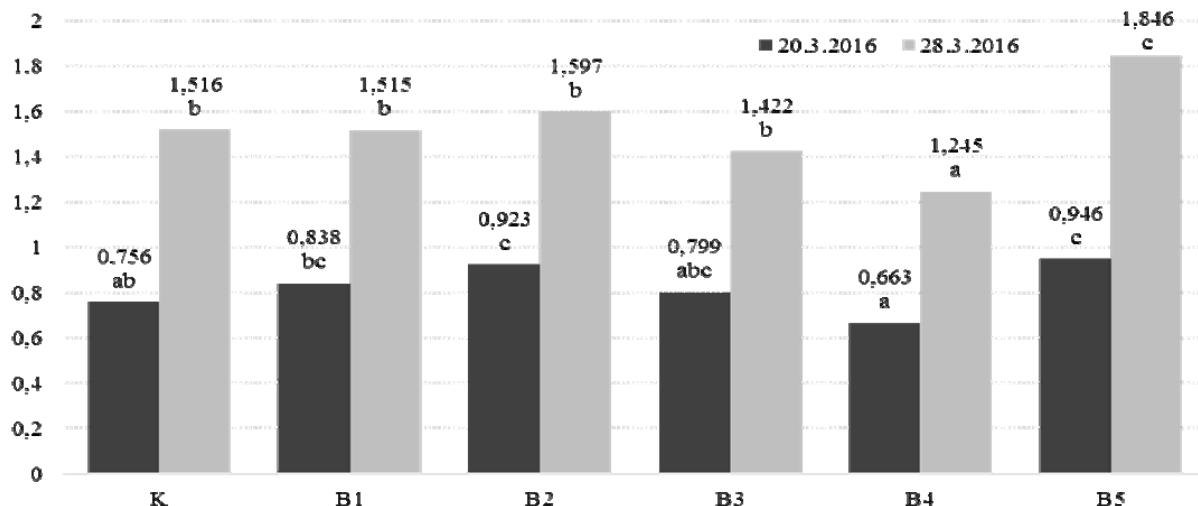
la (B1) více než trojnásobný. Použitím smáčedla, které snížilo povrchové napětí roztoku hnojiva aplikovaného na list, ulpělo na nadzemní části rostlin více než 2,5 násobné množství aplikovaného roztoku (tab. 3).

Tab. 3 Množství roztoku hnojiva ulpělého na nadzemní části rostliny řepky (průměr rostlin)

Varianta	B1	B2	B3	B4
Hmotnost roztoku na rostlině (g)	0,53	1,37	0,37	0,26

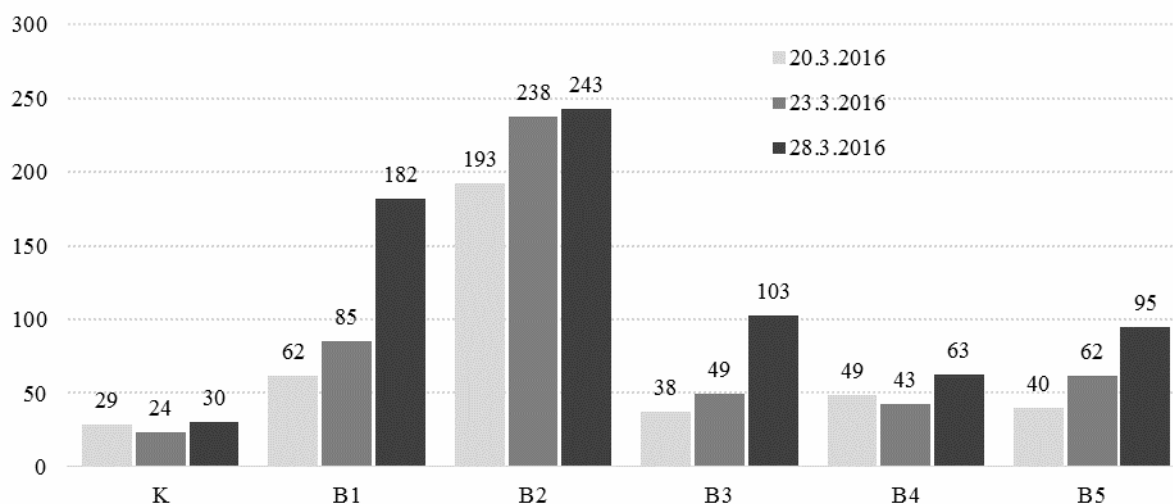
Desátý den po přihnojení se rozdíl v obsahu bóru v rostlině mezi variantou B1 (Borosan bez detergentu) a B2 (s detergentem) výrazně snížil (graf 2). Poměrně nižší účinnost byla zaznamenána po hnojení přípravkem Borosan Humine (B3). Jeho přihnojením se množství B v rostlině zvýšilo ve sledovaných termínech na úroveň 61, 58 a 57 % účinku hnojiva Borosan Forte (B1). Efekt přihnojení hnojivem Borosan Humine byl srovnatelný s účinkem aplikace bóru v síranu amonném do půdy (B5). Nejnižší účinek hnojení, vyjádřený zvýšením obsahu B v rostlině, byl zaznamenán na variantě hnojené kyselinou boritou (B4).

Graf 1 Průměrná hmotnost sušiny rostlin řepky (hmotnost sušiny 1 rostliny v g)



Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c – stejná písmena u variant značí, že mezi hmotnostmi není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$).

Graf 2. Průměrný obsah B v nadzemní části rostlin řepky (mg/kg sušiny)



Jak vyplývá z výše uvedeného, účinnost hnojiv statisticky vysoce koreluje s hmotností aplikovaného roztoku ulpělého na rostlině, jak uvádí graf 3.

Na základě zjištěného obsahu živiny v rostlině a známého množství a koncentrace roztoku hnojiva, který ulpěl na rostlině po aplikaci hnojiv, nebo byl aplikován do půdy (var. B5), bylo vypočítáno množství živiny absorbované rostlinou.

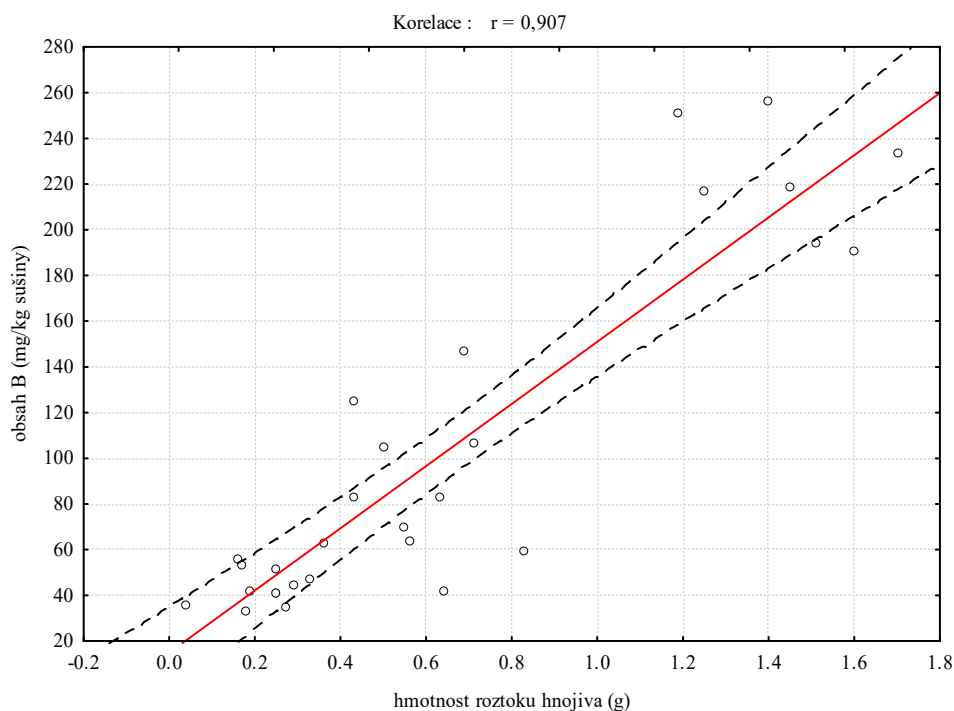
Výpočet absorbovaného množství živiny byl proveden podle vztahu:

$$a\% = \frac{(m_{\text{žapl}} - m_{\text{žkont}})}{m_{\text{žhnoj}}} * 100$$

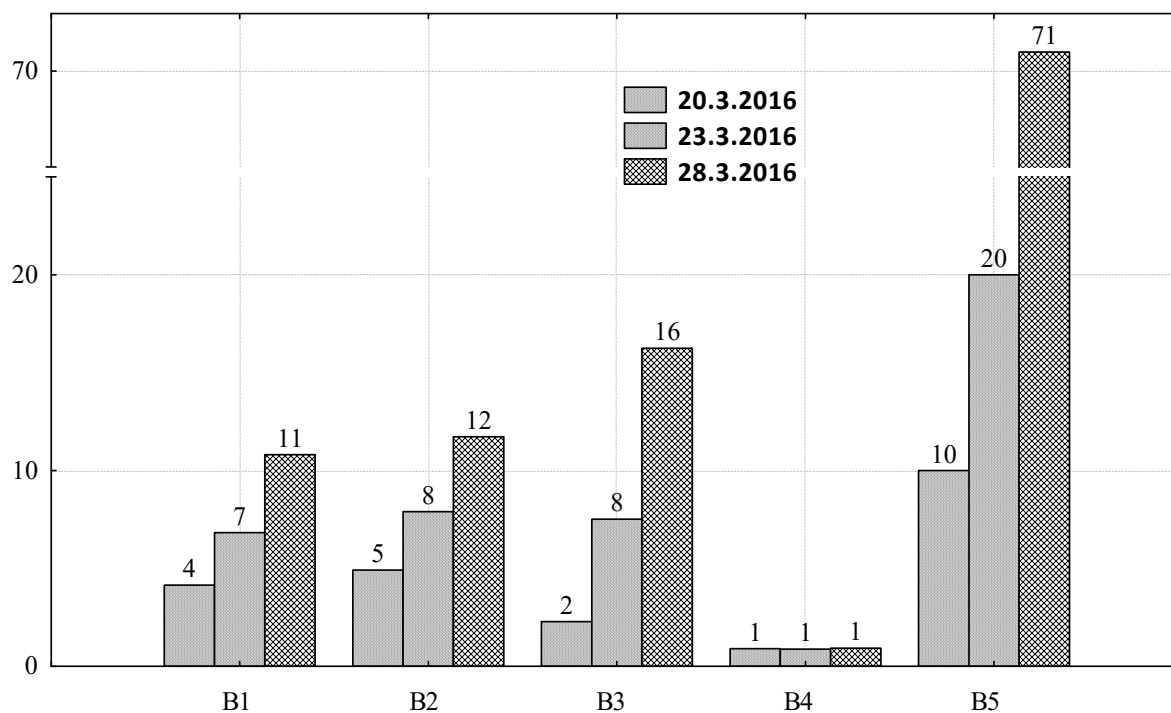
- až absorbované množství živiny z celkového aplikovaného množství, vyjádřené v %
- $m_{\text{žapl}}$ množství živiny obsažené v rostlině s aplikací hnojiva vyjádřené v mg
- $m_{\text{žkont}}$... množství živiny obsažené v rostlině kontrolní (bez mimokořenné aplikace), které představuje množství B přijatého z půdní zásoby vyjádřené v mg
- $m_{\text{žhnoj}}$... množství živiny obsažené v roztoku hnojiva který ulpěl na rostlině po aplikaci hnojiv (množství živin dodaný do půdy – var B5) vyjádřené v mg

Toto množství živiny bylo vyjádřeno jako procentický podíl (graf 4) na jeho celkové aplikované dávce.

Graf 3 Závislost obsahu B v rostlině na množství roztoku ulpělého na rostlině



Graf 4 Absorpce mimokořenově aplikovaného bóru řepkou (% z aplikované živiny)



Z grafu 4 vyplývá, že procento absorbovaného bóru aplikovaného hnojiva Borosan Forte bylo srovnatelné u obou variant s jeho přihnojením (bez i se směčedlem). Množství živiny, které bylo rostlinou absorbováno, se v čase zvyšovalo a po 10-ti dnech představovalo cca 12 % z aplikované dávky. U hnojiva Borosan Humine byl podíl jeho absorbovaného množství

v daném termínu ještě vyšší (graf 4). V porovnání s hnojivou Borosan, byla absorpce bóru z kyseliny borité velmi nízká.

Uvedené výsledky prezentují absorpci bóru (jeho rychlost) nadzemní plochou rostliny řepky. V polních podmínkách bude absorpce živiny povrchem listů velmi variabilní, zejména v závislosti povětrnost-

ních podmínkách (teplota, vzdušná vlhkost, srážky, intenzita slunečního svitu aj.). V těchto podmínkách je však nutné ve výživě řepky počítat i s bórem, který při mimokořenovém hnojení dopadne na půdu a který je případnými srážkami (deštěm, ale i rosou) smyt

z povrchu listů. Přijatelnost bóru kořenem je pak velmi závislá na půdních vlastnostech. V ideálních podmínkách nádobového experimentu, bylo během 10 dnů přijato kořenovým systémem 71 % bóru z dávky aplikované v síranu amonném s bórem.

Závěr

Absorpce bóru rostlinou řepky ozimé je velmi závislá na povětrnostních podmínkách. Vysoká relativní vlhkost a bezsrážkové období výrazně zvyšuje možnost vstupu živiny přes kutikulu. Množství bóru přijatého do rostliny pak signifikantně koreluje s ulepěným množstvím roztoku

hnojiva na nadzemních částech rostlin. Použití smáčedel je obecně známým prostředkem jak zvýšit efektivitu listové aplikace v důsledku lepšího rozptření roztoku na povrchu listu a jeho udržení po delší dobu.

Použitá literatura

- Berger, K. C., Truog, E. (1940): Boron Deficiencies as Revealed by Plant and Soil Tests. *Agronomy Journal*, 32(4): 297-301.
- Brown P.H., Bellaloui N., Wimmer M.A., Bassil E.S., Ruiz J., Hu H., Pfeffer H., Dannel F., Romheld V. (2002): Boron in plant biology. *Plant Biol* 4:205–223.
- Dell B., Huang L.B. (1997): Physiological response of plants to low boron. *Plant Soil* 193:103–120.
- Gupta, U. C. (2007): Boron. In: Barker, A. V., Pilbeam, D. J. (Eds.): *Handbook of plant nutrition*. New York: CRC Press, 242-277.
- Han S., Chen L.-S., Jiang H.-X., Smith B.R., Yang L.-T., Xie C.-Y. (2008): Boron deficiency decreases growth and photosynthesis, and increases starch and hexoses in leaves of citrus seedlings. *J. Plant Physiol.* 165:1331–1341.
- Josten, P., Kutschera, U. (1999): The micronutrient boron causes the development of adventitious roots in sunflower cuttings. *Annals of Botany*, 84: 337-342.
- Mei L., Li Q.H., Wang H., Sheng O., Peng S.A. (2016): Boron deficiency affects root vessel anatomy and mineral nutrient allocation of *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38, 4, 86.
- Mozafar, A. (1993): Role of boron in seed production. In: Gupta, U. C. (Ed.): *Boron and its Role in Crop Production*. Boca Raton, FL: CRC Press, 187-208.
- Shelp, B. J. (1993): Physiology and biochemistry of boron in plants. In: Gupta U. C. (Ed.): *Boron and Its Role in Crop Production*. Boca Raton, FL: CRC Press, 53-85.
- Xu P.L., Guo Y.K., Bai J.G., Shang L., Wang X.J. (2008): Effects of long-term chilling on ultrastructure and antioxidant activity in leaves of two cucumber cultivars under low light. *Physiol. Plant.* 132, 467-478.

Kontaktní adresa

Doc. Ing. Petr Škarpa, Ph.D., Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, AF, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00, Brno, tel: +420 545 133 345, mail: petr.skarpa@mendelu.cz

Příspěvek vznikl za podpory projektu IGA TP 3/2015.