

ÚČINEK LISTOVÉ APLIKACE HNOJIV CARBON NA PRODUKCI MÁKU SETÉHO PŘI ROZDÍLNÝCH ÚROVNÍCH VÝNOSU

Effect of foliar fertilizers CARBON on poppy production in different yield levels

Petr ŠKARPA, Rostislav RICHTER

Mendelova univerzita v Brně

Summary: The aim of the small plot trial with poppy (*Papaver somniferum* L.) was to determine the effect of selected fertilizers series CARBON on poppy seed yield. Vegetation experiments were established in 2014 and 2015 at an experimental station of Mendel University in Brno (Žabčice). Foliar application of microelements had a positive effect on poppy growth and increase dry weight of plant. Synergistic effect of microelements on nutrient uptake (especially N and K) was found. Silicon applications improved plant health in connection with good nutritional status of plant. The results of the present study indicate that usage of microelements foliar application reduces the harmful effects of abiotic stress and increases poppy yield in condition of drought stress.

Key words: poppy, fertilizer CARBON, boron, zinc, manganese, molybdenum, silicon, seed yield

Souhrn: Cílem polního pokusu s mákem setým bylo prověřit účinek mimokořenové výživy vybranými hnojivy řady CARBON na výnos semene máku. Vegetační pokusy byly založeny v letech 2014 a 2015 na pokusné stanici Mendelovy univerzity v Brně (Žabčice). Mimo-kořenová aplikace mikrobiogenních prvků měla pozitivní vliv na růst rostlin. Mikroelementy synergicky působily na příjem živin (zejména N a K) doprovázeného nárůstem hmotnosti sušiny nadzemní biomasy. V souvislosti s dobrým výživným stavem porostu zlepšila foliární aplikace živin zdravotní stav rostlin. Z výsledků pokusu je patrný vliv aplikace mikroelementů na eliminaci abiotických stresů a jejich pozitivního vlivu na výnos v podmínkách sucha.

Klíčová slova: mák, hnojiva CARBON, bór, zinek, molybden, křemík, výnos semene

Úvod

Mák setý je plodinou, která reaguje na přihnojení mikroelementy zvýšením produkce (Škarpa et al. 2012, Richter et al. 2014, Škarpa et al. 2015). Mezi mikrobiogenní prvky, které jsou v praxi ve výživě máku preferované, patří především bór a zinek. Bór je živinou nepostradatelnou v transportu a metabolismu sacharidů (Loomis, Durst 1992). Napomáhá lepšímu využití vápníku a je důležitý pro syntézu bílkovin (Chen et al. 2014) a fytohormonů, především cytokininů. Bór významně zasahuje do procesu opylování a tím i do výnosu semen (Simjoki 1991). Zinek je nezbytnou součástí celé řady enzymů a vedle toho je důležitým aktivátorem četných metabolických reakcí (Andreini et al. 2009). Je nepostradatelný pro tvorbu růstových látek, které podmiňují dlouhý růst rostlin (Cakmak et al. 1989). U máku zinek pozitivně ovlivňuje vznik

pylových tetrad a tím přispívá k lepšímu opylování a tvorbě semene (Ender et al. 1983). Molybden je součástí více než 60 enzymů katalyzujících různé oxidačně redukční reakce (Zimmer a Mendel, 1999). K významným rostlinným enzymům, na jejichž stavbě se podílí, patří nitrogenáza, nitrát-reduktáza, xantindehydrogenáza, aldehyd-oxidáza a sulfát-oxidáza (Srivastava, 1997). Uvedené enzymy mají pro rostliny klíčový význam v dusíkatém metabolismu a při syntéze růstových hormonů. Rovněž křemík má pozitivní vliv na zdravotní stav rostlin a na zvýšení odolnosti proti poléhání (Ma, Yamaji 2008). S ohledem na jejich poměrně nízkou potřebu, která se pohybuje řádově ve stovkách gramů na hektar, je výživa těmito prvky řešena převážně formou mimokořenové aplikace listových hnojiv, mezi která patří i hnojiva řady CARBON.

Metodika pokusu

Polní pokus s mákem byl založen na ŠZP v Žabčicích v letech 2014 a 2015. V obou letech byla předplodinou máku ozimá pšenice. Na podzim byl pozemek zpracován orbou a následně urovňán smykáním a vláčením. Na jaře před vysetím máku byl pozemek hnojen dusíkem, v roce 2014 v dávce 60 kg N/ha (močovina), v roce 2015 v dávce 100 kg N/ha (LAV). Před setím byla provedena příprava půdy branosmykem. Obsah živin (AZPP) v půdě uvádí tab. 1.

Do pokusu byla zařazena odrůda Major, vysetá 25. 2. 2014 a 7. 3. 2015 ve výsevu 1,7 kg/ha. Mimo-kořenová aplikace hnojiv CARBON byla v obou letech provedena ve fázi vytvořeného 8. – 10. listu (6. 5. 2014, 15. 5. 2015). Schéma hnojení uvádí tabulka 2. Velikost parcel činila v obou letech 15 m², každá varianta byla 4 x opakovaná.

Tab. 1 Zásoba přístupných živin v půdě před založením pokusů

Ročník	Půdní druh	pH/CaCl ₂	Obsah přístupných živin v mg. kg ⁻¹ půdy			
			P	K	Ca	Mg
2014	střední	6,9	173 (V)	307 (d)	2905 (d)	210 (d)
2015	střední	6,3	74,2 (v)	150 (v)	1450 (v)	144 (v)

Obsah přístupných živin: v – vyhovující, d – dobrý, V- vysoký

Tab. 2 Schéma pokusu s mákem

Rok	Varianta	Hnojivo, dávka hnojiva v l/ha (dávka živiny v g/ha)
2014	Kontrola	-
	B + Zn	CARBONBOR Q, 0,80 (120) + CARBON Zn, 1,33 (200)
	B + Zn + Si	CARBONBOR Q, 0,80 (120) + CARBON Zn, 1,33 (200) + CARBON Si, 0,75 (62)
	Si	CARBON Si, 0,75 (62)
2015	Kontrola	-
	B + Mo	CARBONBOR Mo, 1,00 (120 g B, 14 g Mo)
	B + Mo + Si	CARBONBOR Mo, 1,00 (120 g B, 14 g Mo), CARBON Si, 0,75 (62)
	Ca + Si	CARBON Ca-Si, 1,50 (150 g Ca, 9 g Si)

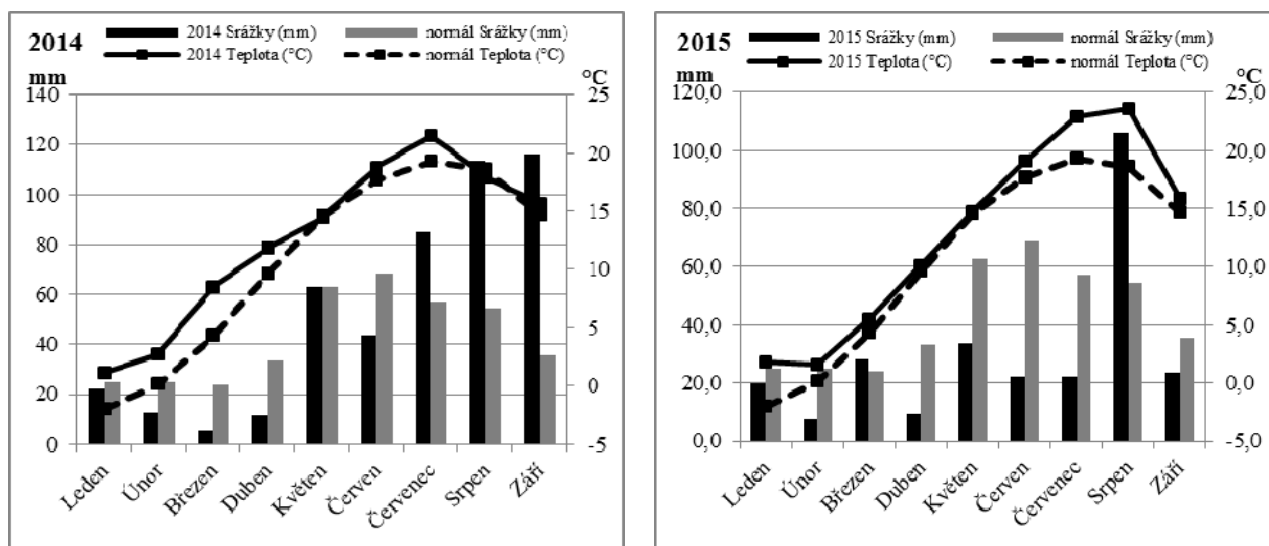
Odběry vzorků rostlin k anorganickým rozborům rostlin byly provedeny v termínu mimokořenové výživy a 8 - 10 dní po aplikaci hnojiv (14. 5. 2014, 25. 5. 2015). V rostlinách byl Kjeldahlovou metodou stanoven obsah N, dále po mineralizaci rostlin na mokré cestě obsah P kolorimetricky, K, Ca, Mg, Zn a Mo metodou AAS a B metodou AES-ICP.

Vývoj povětrnostních podmínek v letech 2014 a 2015 uvádí graf 1.

Zhodnocení zdravotního stavu porostu bylo provedeno v termínech 7. 7. 2014 a 9. 6. 2015. Sklizeň pokusů v obou letech byla provedena v plné zralosti parcelní mlátičkou (2. 8. 2014, 3. 8. 2015). Po ručním vyčištění semene ze sklízecí mlátičky byl zjištěn výnos a HTS.

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

Graf 1 Klimadiagramy let 2014 a 2015



Výsledky pokusu 2014

Porost máku díky nepříznivým klimatickým podmínkám na počátku jara (min. zásoba půdní vody, deficit srážek, relativně vysoké teploty, graf 1) nevezšel ideálně a ve fázi aplikace hnojiv (6. 5. 2014) byl mezerovitý. I přes tuto skutečnost dosahovala v této fázi průměrná hmotnost 1 rostliny 1,59 g sušiny, což ukazuje, že vzešlé rostliny byly dobře vyvinuté. Obsah N představoval 5,04 %, obsah Zn dosáhl hodnoty 57,14 a obsah B 24,1 mg.kg⁻¹ sušiny.

Aplikace hnojiv CARBONBOR Q a CARBON Zn zvýšila obsah Zn a B v rostlině. Navýšení obsahu uvedených mikroelementů jak na variantě bez přihno-

jení Si tak na variantě s jeho aplikací bylo významné (tab. 3). Z výsledků anorganických rozborů rostlin vyplývá pozitivní účinek B a Zn na obsah K v rostlině. Účinek těchto mikroelementů působil rovněž synergicky na příjem N, jehož obsah se v nadzemních částech rostlin máku zvýšil. Naopak při hnojení hnojiva CARBON Si se obsah N snížil (tab. 3). Křemík tak pravděpodobně působil na jeho příjem antagonisticky. Aplikace B a Zn rovněž zvýšila produkci sušiny, v porovnání s kontrolou téměř o 50 %. Křemík výrazně neovlivnil produkci nadzemní hmoty.

Tab. 3 Průměrná hmotnost 1 rostliny a obsahy živin v % sušiny v termínu aplikace ve fázi 8. -10. listu (6. 5. 2014) a 8 dní poté (14. 5. 2014)

Termín odběru	Varianta hnojení	Sušina 1 rost. (g)	% v sušině					mg.kg ⁻¹ suš.	
			N	P	K	Ca	Mg	Zn	B
V den hnojení 6. 5. 2014		1,59	5,04	0,55	6,51	1,87	0,46	57,14	24,1
14.5.2014	Kontrola	1,74	4,17	0,49	5,80	1,98	0,55	65,20	22,5
	B + Zn	2,59	4,80	0,45	6,24	1,97	0,55	86,36	37,7
	B + Zn + Si	2,58	4,48	0,44	6,76	1,85	0,51	81,22	32,8
	Si	1,89	4,06	0,47	5,93	1,89	0,57	67,41	23,8

Tab. 4 Výnos semen (t/ha) a hmotnost tisíce semen (g)

Varianta hnojení	Výnos semene		Hmotnost tisíce semen	
	t/ha (P≤0,05) ± SE	Rel. %	g (P≤0,05) ± SE	Rel. %
Kontrola	0,720 ^a ± 0,035	100,0	0,476 ^a ± 0,009	100,0
B + Zn	0,749 ^a ± 0,040	104,0	0,494 ^{ab} ± 0,016	103,7
B + Zn + Si	0,768 ^a ± 0,035	106,6	0,503 ^b ± 0,001	105,7
Si	0,730 ^a ± 0,034	101,4	0,485 ^{ab} ± 0,002	101,9

P≤0,05 - statistická závislost při 95 % hladině významnosti. Rozdíly mezi výnosy a HTS označenými stejnými písmeny jsou statisticky nepřekážné, SE – směrodatná chyba.

Výnos semen máku (tab. 4) nebyl mimokořenovou výživou signifikantně ovlivněn (P≤0,05). Bór a zinek aplikovaný v dávkách 120 g B a 200 g Zn měl pozitivní účinek na výnos máku a zvýšil jeho produkci o 4 % (var. B + Zn). Nejvýraznější navýšení produkce semene máku bylo zaznamenáno na variantě hnojené B a Zn v kombinaci s křemíkem. Na této variantě se výnos máku zvýšil o 6,6 % při srovnání s kontrolou. Samostatná aplikace Si výnos neovlivnila. Produkce semen máku významně korelovala s HTS. Korelační

koefficient této závislosti byl na úrovni 0,9910 s vysokou hodnotou pravděpodobnosti (p = 0,009).

Hodnocení zdravotního stavu porostu uvádí tabulka 5. Z výsledků vyplývá, že listová aplikace prvků, zejména křemíku, měla pozitivní vliv na zdravotní stav porostu. Nejenom že se na variantách s jeho aplikací udržel vyšší podíl plně vegetujících rostlin, ale bylo zaznamenáno i nižší napadení chorobami. Nabízí se hypotéza, kterou bude třeba v dalších letech prověřit, zdali Si v interakci s deficitem srážek a zvýšenými teplotami neovlivnil evaparaci rostlin.

Tab. 5 Zdravotní stav porostu (7. 7. 2014, hodnoceno Ing. Říhou)

Ukazatel	Kontrola	B + Zn	B + Zn + Si	Si
Rostliny na 2,5 m ² (počet rostlin)	63	72	65	62
Rostliny plně vegetujících (% podíl z celku)	38 %	40 %	46 %	47 %
Rostliny v nouzovém dozrávání (% podíl z celku)	42 %	30 %	21 %	25 %
Padlí máku (stupnice napadení)	4	5	6	6
Plíseň šedá na tobolkách (počet rost.)	4	4	3	3
Helmintosporiové hnědnutí makovic (počet rost.)	11	9	7	8

Závěr

Mimokořenová aplikace B, Zn a Si měla pozitivní vliv na růst rostlin, což se projevilo nárůstem hmotnosti sušiny jedné rostliny. Synergicky působila během vegetace na příjem živin (zejména N a K) doprovázeného nárůstem hmotnosti sušiny nadzemní biomasy. V souvislosti s dobrým výživným stavem porostu zlepšila foli-

ární aplikace živin zdravotní stav rostlin. Výše uvedené rezultovalo v nárůst výnosu semene máku, který dosáhl nejvyšší úrovně na variantě přihnojené CARBONBOR Q v dávce 0,8 l/ha (120 g B/ha), CARBON Zn v dávce 1,33 l/ha (200 g Zn/ha) a CARBON Si v dávce 0,75 l/ha.

Výsledky pokusu 2015

Vývoj počasí na počátku vegetace máku měl pozitivní vliv na růst rostlin, které ve fázi 10. listu dosáhly průměrné hmotnosti 2,78 g sušiny na 1 rostlinu. Obsah živin uvádí tabulka 6.

Mimokořenové přihnojení ve fázi vyvinutého 10. listu máku zvýšilo množství aplikovaných živin

v rostlině máku. Nárůst v obsahu molybdenu, zjištěný ve fázi DC 30, byl na variantách s aplikací hnojiva CARBONBOR Mo více než 4-násobný. Aplikace tohoto hnojiva rovněž zvýšila v rostlině máku obsah B a to z 27,8 na 31,9 mg.kg⁻¹ sušiny. Použití hnojiva CARBON Ca-Si vedlo k navýšení obsahu Ca z 5,03 na 5,65 mg.kg⁻¹ sušiny. Z tabulky 6 je patrný synergický

efekt mikroelementů na příjem a využití makrobiogenních prvků, zejména pak N. Navýšení jeho obsahu po aplikaci Mo souvisí s největší pravděpodobností se zapojením Mo do nitrátreduktázy (Schwarz et al. 2009), jejíž aktivita se v rostlinách deficitních na Mo snižuje (Lopez et al. 2007). Aplikace vápníku hnojivem

CARBON Ca-Si zvýšila obsah tohoto prvku v rostlině oproti kontrolní variantě o 12,3 % rel. Z tabulky 6 je zjevný pozitivní účinek listového přihnojení mikroelementy na tvorbu sušiny rostlin máku, jejíž produkce se zvýšila z 3,40 na průměrných 3,93 g.rostlina⁻¹.

Tab. 6 Průměrná hmotnost 1 rostliny a obsahy živin v % sušiny v termínu aplikace hnojiv ve fázi 8. -10. listu (15. 5. 2015) a 10 dní poté (25. 5. 2015)

Termín odběru	Varianta hnojení	Sušina 1 rost. (g)	% v sušině					mg.kg ⁻¹ suš.	
			N	P	K	Ca	Mg	Mo	B
V den hnojení 15.5.2015		2,78	3,56	0,48	6,21	5,11	0,38	0,178	24,6
25.5.2015	Kontrola	3,40	3,06	0,49	5,88	5,03	0,38	0,201	27,8
	B + Mo	3,96	3,32	0,48	5,71	4,29	0,37	0,762	31,4
	B + Mo + Si	3,90	3,58	0,54	5,97	4,72	0,41	0,869	32,3
	Ca + Si	3,46	3,08	0,56	6,87	5,65	0,48	0,191	26,9

V důsledku velkého sucha v průběhu vegetace mákuv roce 2015 (zejména v období červen – červenec, graf 1) došlo k významné redukci nadzemní hmoty rostlin a následnému zaschnutí porostu, což se negativně projevilo ve výnosu semene máku (tab. 7).

Z výnosových výsledků je patrné, že produkce semene nebyla aplikací hnojiv statisticky ovlivněna, i když relativním srovnáním lze hodnotit nejvýznamnější nárůst v produkci semene po aplikaci kombinace hnojiv CARBONBOR Mo a CARBON Si. Aplikace samotného CARBONBOR Mo na počátku vegetace zvýšila výnos o necelých 16 %. V souvislosti s katalytickými úlohami mikroelementů B a Mo, které plní ve spojení s enzymatickými systémy, je jejich role v rostlinách spojována rovněž s tolerancí k různým abiotickým stresům, mezi které patří sucho (Karim et

al. 2012, Škarpa et al. 2015). Pozitivně se na produkci máku rovněž projevila aplikace Ca v kombinaci s Si (nárůst výnosu o 13,7 %). Poměrně vysoké relativní zvýšení výnosu máku však představuje, při jeho velmi nízké absolutní úrovni (vyjádřené v t.ha⁻¹), navýšení produkce pouze v řádech desítek kilogramů (nárůst o 31 – 52 kg.ha⁻¹ oproti kontrole). HTS nebyla hnojením průkazně ovlivněna, jak uvádí tabulka 7.

Hodnocení zdravotního stavu uvádí tabulka 8. Z výsledků vyplývá pozitivní vliv aplikace hnojiv, zejména s křemíkem, nejenom na zdravotní stav porostu, ale i na počet rostlin na jednotku plochy. Na variantách s aplikovanými hnojivy bylo zaznamenáno nižší napadení helmintosporiózou. Aplikace hnojiv se rovněž pozitivně projevila na výskytu mšic v porostu.

Tab. 7 Výnos semen (t/ha) a hmotnost tisíce semen (g)

Varianta hnojení	Výnos semene		Hmotnost tisíce semen	
	t/ha (P≤0,05) ± SE	Rel. %	g (P≤0,05) ± SE	Rel. %
Kontrola	0,229 ^a ± 0,035	100,0	0,410 ^a ± 0,006	100,0
B + Mo	0,265 ^a ± 0,016	116,1	0,427 ^a ± 0,016	104,1
B + Mo + Si	0,281 ^a ± 0,009	123,1	0,402 ^a ± 0,012	98,0
Ca + Si	0,260 ^a ± 0,009	113,7	0,416 ^a ± 0,009	101,3

P≤0,05 - statistická závislost při 95 % hladině významnosti. Rozdíly mezi výnosy a HTS označenými stejnými písmeny jsou statisticky nepřikazně, SE – směrodatná chyba.

Tab. 8 Zdravotní stav porostu (9. 6. 2015, hodnoceno Ing. Říhou)

Ukazatel	Kontrola	B + Mo	B + Mo + Si	Ca + Si
Rostliny na 1 m ² (počet rostlin)	48	52	53	54
Podesechnutí porostu (% podíl z celku)	60 %	60 %	60 %	60 %
Helmintosporium na stonku (počet rost.)	9	4	4	1
Helmintosporium (stupnice napadení)	4	5	5	5
Kritonosec makovicový (počet rost.)	2	1	1	1
Mšice (stupnice napadení)	3	6	6	5

Závěr

Vegetační experiment s mákem, realizovaný formou maloparcelkového pokusu na lokalitě Žabčice, byl v roce 2015 významně ovlivněn průběhem počasí. Díky přetrvávajícímu suchu zejména ke konci vegetace došlo k zaschnutí porostu, které tak výrazně ovlivnilo výši výnosu. I přes negativní faktor ročníku byl zjištěn, podobně jako v roce 2014, pozitivní vliv aplikace přípravků CARBON na růst rostlin, což se projevilo nárůs-

tem hmotnosti sušiny nadzemní biomasy rostlin a navýšeným odběrem živin porostem máku. Mimokořenová aplikace zlepšila výživný stav porostu a měla tak pozitivní vliv na zdravotní stav rostlin. Přihnojení hnojivou CARBON zvýšilo výrazně produkci semen. Při nízké výnosové úrovni máku způsobené suchem, se nárůst výnosu pohyboval v rozmezí 13,7 – 23,1 %.

Literatura

- Andreini, C., Bertini, I., Rosato, A. (2009): Metalloproteomes: a bioinformatic approach. *Accounts of Chemical Research*, 42(10): 1471-1479.
- Cakmak, I., Marschner, H., Bangerth, F. (1989): Effect of zinc nutritional status on growth, protein metabolism and level of indole-3-acetic acid and other phytohormones in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Experimental Botany*, 40: 405-412.
- Chen, M., Mishra, S., Heckathorn, S. A., Frantz, J. M., Krause, C. (2014): Proteomic analysis of *Arabidopsis thaliana* leaves in response to acute boron deficiency and toxicity reveals effects on photosynthesis, carbohydrate metabolism, and protein synthesis. *Journal of Plant Physiology*, 171(3-4): 235-242.
- Ender, Ch., Li, M. Q., Martin, B., Povh, B., Nobiling, R., Reiss, H.-D., Traxel, K. (1983): Demonstration of polar zinc distribution in pollen tubes of *Lilium longiflorum* with the Heidelberg proton microprobe. *Protoplasma*, 116: 201-203.
- Karim, M., Zhang, Y.Q., Zhao, R.R., Chen, X.P., Zhang, F.S., Zou, C.Q. (2012): Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(1): 142-151.
- Loomis, W. D., Durst, R. W. (1992): Chemistry and Biology of Boron. *BioFactors*, 3(4): 229-239.
- Lopez, R. S., Alvear, M., Gianfreda, L., Mora, M. D. (2007): Molybdenum availability in andisols and its effect on biological parameters of soil and red clover (*Trifolium pratense* L.) *Soil Science*, 172: 913-924.
- Ma J.F., Yamaji N. (2008): Functions and transport of silicon in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 65(19):3049-3057
- Richter, R.; Škarpa, P.; Vlk, R. (2014): Complex *Nutrition of Poppy* Contribute to its Yield Stability. *Prosperous Oil Crops 2014*, 107-109
- Schwarz, G., Mendel, R. R., Ribbe, M. W. (2009): Molybdenum cofactors, enzymes and pathways. *Nature*, 460(7257): 839-847.
- Simjoki, P. (1991): Boron deficiency in barley. *Annales Agriculturae Fenniae*, 30: 389-405.
- Škarpa, P., Richter R., Hlavinka, P., Trnka, M. (2015). Mimokořenová aplikace zinku snižuje riziko stresu suchem u máku setého (*Papaver somniferum* L.). *Prosperující olejniný 2015*. 123-126
- Škarpa, P.; Richter, R.; Vlk, R. (2014): *Microelements in poppy nutrition*. *Prosperous Oil Crops 2012*, 86-88
- Srivastava, P. C. (1997): Biochemical significance of molybdenum in crop plants. In: Gupta, U. C.: ed. *Molybdenum in Agriculture*. New York: Cambridge University Press, 47-70.
- Zimmer, W., Mendel, R. (1999): Molybdenum metabolism in plants. *Plant Biology*. 1:160-168.

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, e-mail: petr.skarpa@mendelu.cz

Príspevek vznikl za podpory projektu IGA TP 3/2015.