

EFEKTIVITA VYBRANÝCH FOREM ZINKU V LISTOVÉ VÝŽIVĚ KUKUŘICE

Effectiveness of selected zinc forms in foliar nutrition of maize

Petr ŠKARPA, Jiří ANTOŠOVSKÝ

Mendelova univerzita v Brně

Summary: Zinc is one of the more important microelements in nutrition of maize. The aim of the study was to determine the efficiency of fertilization with selected zinc forms (ZnO, ZnSO₄, Zn-EDTA) in foliar nutrition of maize. Zinc chelate (EDTA) significantly increased the weight of plant dry matter and Zn content in the plant. The relative effectiveness of zinc oxide was less than 20% of the total amount of foliar zinc applied, the sulfate and chelate zinc sources were about 2,8; respectively 5 times more effectiveness. The prolonged Zn release from Zn-chelate, adhered to foliar surfaces of plant, explains a high efficiency of this form.

Keywords: zinc, ZnO, ZnSO₄, Zn-EDTA, effectiveness of fertilization, maize

Souhrn: Zinek je jeden z významných mikrobiogenních prvků ve výživě kukuřice. Cílem předložené studie bylo zjištění efektivity listového hnojení vybranými formami zinku (ZnO, ZnSO₄, Zn-EDTA) u kukuřice seté. Aplikovaný zinek v chelátu se signifikantně projevil na hmotnosti sušiny rostlin a obsahu Zn v rostlině. Efektivita ZnO byla necelých 20 % z celkového aplikovaného množství zinku, síranová a chelátová forma Zn měly účinnost cca 2,8; respektive 5x vyšší.

Klíčová slova: zinek, ZnO, ZnSO₄, Zn-EDTA, efektivita hnojení, kukuřice

Úvod

Zinek se v rostlinách, stejně jako v jiných organismech, nachází převážně jako Zn²⁺ (Broadley et al. 2012). Váže na velké množství proteinů a účastní se tak mnoha metabolických procesů a syntézy bílkovin. Odhaduje se, že se podílí na stavbě, nebo funkci až 10 % proteinů v lidském genomu (Andreini et al. 2009, Maret, Li 2009). Významně se podílí především na syntéze růstových hormonů. Zinek se jako jediný z kovů vyskytuje u všech šesti tříd enzymů (Sousa et al. 2009), kde plní katalytickou a strukturální roli. Je součástí buněčných membrán, kde se váže na fosfolipidy, thiolové skupiny, nebo tvoří komplexy s cysteinem atím brání membránové lipidy proti oxidačnímu poškození (Broadley et al. 2012).

V zemědělské praxi bývá zinek aplikován v mnohých plodinách především mimokořenově, a to nejčastěji ve formách ZnSO₄ a ZnO. Zdroje zinku mohou být také anorganické látky, syntetické cheláty (např. Zn-EDTA) a přírodní komplexy (Gangloff et al. 2006). Obecně je uváděna poměrně nízká schopnost mimokořenově aplikovaného zinku pronikat do listů, a to na úrovni 1 až 5 % (Fernández et al. 2013). K největší absorpci zinku dochází na místě kontaktu listu s aplikovaným roztokem (Huett, Vimpany 2006, Keshavarz et al. 2011).

Cílem předložené studie bylo zjištění efektivity listového hnojení vybranými formami zinku u kukuřice seté, hodnocené na základě přijatého množství zinku z aplikované dávky roztoku.

Metodika pokusu

Experiment byl založen formou přesného vegetačního nádobového pokusu ve fytotronech (CLF Plant Climatics GmbH) Ústavu agrochemie, půdoznalství mikrobiologie a výživy rostlin, AF MENDELU. Modelovou plodinou byla kukuřice setá [SY ONDINA - dvouliniový hybrid se zrnem typu koňský zub a vysokým obsahem škrobu, rostliny jsou středně vysoké s nelámavým stonkem, kořenová soustava dobře vyvinutá, FAO 290 (Syngenta, 2014)]. Schéma pokusu s mimokořenovou výživou vybraných forem zinku uvádí tabulka 1.

Tab. 1 Schéma pokusu

| Varianta | Varianta | Dávka hnojiva (g/ha) | Dávka Zn (g/ha) |
|----------|-------------------|----------------------|-----------------|
| 1 | kontrola | 0,0 | 0,0 |
| 2 | ZnO | 177,9 | 100,0 |
| 3 | ZnSO ₄ | 440,5 | 100,0 |
| 4 | Zn chelát EDTA | 666,7 | 100,0 |

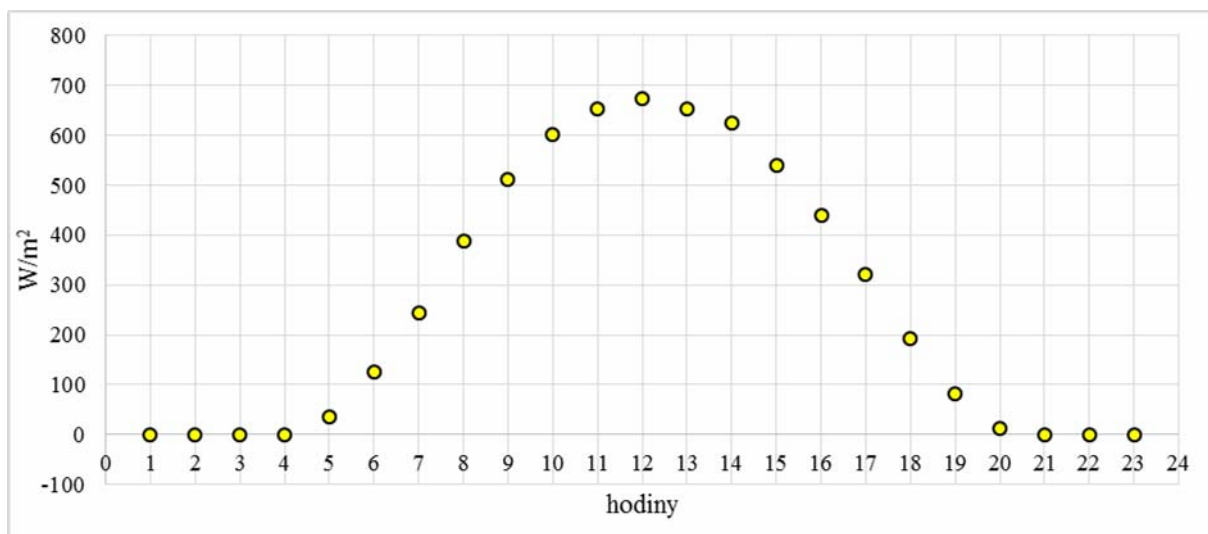
Rostliny kukuřice byly vysety 21. 6. 2017 v počtu 5 semen do nádob (v nádobě naváženo 1000 g půdy). Půda byla středně těžká (černozem), její agrochemický rozbor uvádí tabulka 2.

Tab. 2 Rozbor půdy (obsah živin: V – vysoký; D – dobrý; N – nízký; S – střední)

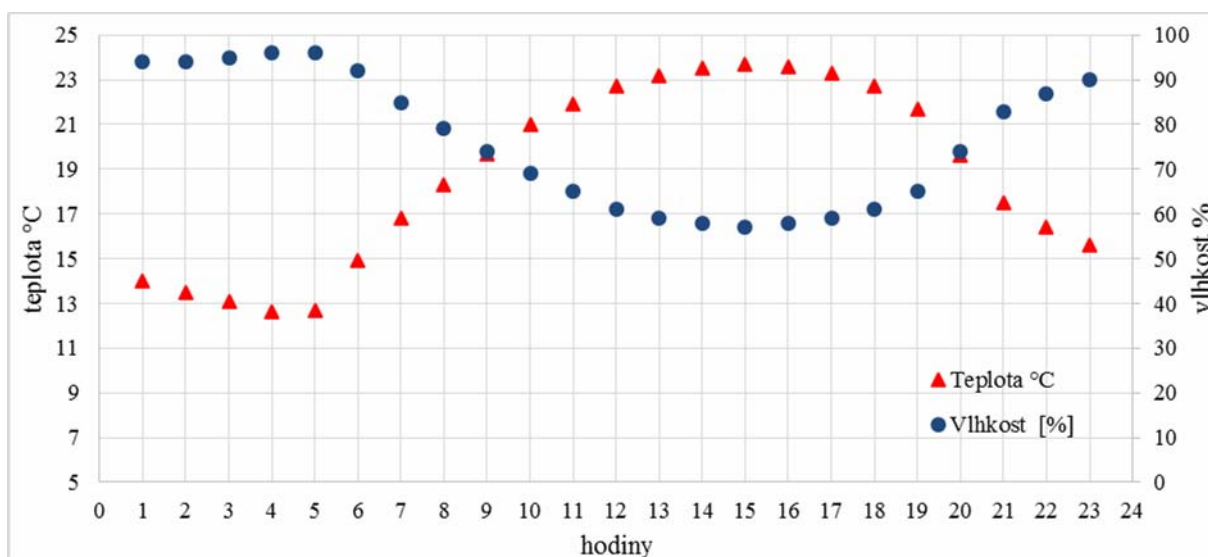
| pH (CaCl ₂) | mg/kg | | | | | |
|-------------------------|-------|-----|------|-----|-------|------|
| | P | K | Ca | Mg | Svod | Zn |
| 6,89 | 126 | 224 | 4149 | 304 | 12,05 | 0,85 |
| Neutr. | V | D | V | V | - | N |

Každá varianta byla založena v počtu 12 nádob. Nádoby byly umístěny ve fytotronech v regulovaném světelném, teplotním a vlhkostním režimu (grafy 1 a 2) s pravidelnou závlivkou.

Graf 1 Denní průběh radiace (intenzita záření ve W/m²)



Graf 2 Denní průběh teploty (°C) a vlhkosti (%) vzduchu



Po vzejití rostlin byly nádoby vyjednoceny na jednu rostlinu na nádobu. Ve fázi 6. pravých listů (BBCH 16 - 30. 8. 2017) byla provedena aplikace hnojiv dle schématu (tab. 1).

Aplikace roztoků zinku byla provedena postříkem tak, aby nedošlo ke kontaminaci zeminy roztokem (půdy byla zakryta). Při mimokořenné aplikaci byly zjištěny hmotnosti nádob před a ihned po aplikaci hnojiv a následně bylo z jejich rozdílů vypočítáno množství postřiku, které ulpělo na rostlině. Odběr nadzemní části rostlin byl proveden 2. (1. 9. 2017), 5. (4. 9. 2017), 10. (10. 9. 2017) a 20. den (19. 9. 2017) po aplikaci zinku. Rostliny byly ve všech termínech po odběru oplachovány v 0,05 M HCl po dobu 3 minut (z důvodu smytí hnojiva z povrchu listů) a vysušeny při

50 °C. Následně byla stanovena hmotnost jejich sušiny a po jejich homogenizaci stanoven obsah zinku (metoda AAS).

Množství aplikovaného zinku mimokořennou výživou, které bylo absorbováno rostlinou, bylo stanoveno výpočtem z rozdílu obsahu Zn stanoveného na variantě zinkem hnojené (var. 2 – 4) a obsahu Zn na variantě kontrolní (var. 1) s přihlédnutím na množství roztoku, který ulpělo na listu a jeho koncentraci.

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

Výsledky pokusu

Hmotnost sušiny rostlin kukuřice byla stanovena v termínech odběru rostlin (tab. 3). Z výsledků vyplývá pozitivní efekt přihnojení zinkem na hmotnost sušiny rostlin již v prvním odběru (nárůst hmotnosti o 2 – 9,4 % v porovnání s kontrolní variantou), v dalších termínech se rozdíl v hmotnosti rostlin zinkem hnojených a nehnojených zvětšovaly (tab. 3). Po 20 dnech od aplikace se hmotnost rostlin na variantě hnojené Zn v chelátové formě zvýšila oproti kontrole signifikantně.

Průměrné obsahy zinku v nadzemní části rostlin kukuřice prezentuje tabulka 4. Z té je patrné zvýšení obsahu zinku v rostlině na variantách hnojených jeho siranovou formou (oproti kontrole o 17 – 39 %) a zinkem v chelátu (o 33 – 85 %). Obsah zinku v rostlině po

aplikaci ZnO byl srovnatelný s obsahem na variantě kontrolní. To však neznamená, že nebyl rostlinou přijímán. Pro hodnocení příjmu živin rostlinou je vhodnější využít parametr charakterizující odběr zinku rostlinou (v μg /rostlinu) prezentovaných v tabulce 5. I přes nárůst odběru zinku na variantě hnojené ZnO je však zřejmé, že přijatelnost této formy zinku byla ze zkoušených nejnižší.

Na základě zjištěného odběru zinku rostlinou (tab. 5) a známého množství a koncentraci roztoku hnojiv, který ulpěl po aplikaci na rostlině, bylo vypočítáno množství (podíl) živiny absorbované rostlinou. Výpočet byl proveden podle vztahu:

$$a\% = (mZn_{apl} - mZn_{kont}) / mZn_{hnoj} * 100$$

a absorbované množství živiny z celkového aplikovaného množství, vyjádřené v %

*m*_{apl} množství živiny odebrané nadzemní částí rostliny zinkem hnojené (μg)

*m*_{kont} množství živiny odebrané nadzemní částí rostliny zinkem nehnojené (μg)

*m*_{hnoj} množství živiny obsažené v roztoku hnojiva který ulpěl na rostlině po aplikaci hnojiv (μg)

Toto množství živiny bylo vyjádřeno procentickým podílem na jeho celkové aplikované dávce, který uvádí graf 3.

Tab. 3 Průměrná hmotnost sušiny 1 rostlin kukuřice (hmotnost sušiny 1 rostliny v g)

| Varianta | Termín odběru | | | | | | | |
|-------------------|---------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| | 1. 9. 2017 | | 4. 9. 2017 | | 10. 9. 2017 | | 19. 9. 2017 | |
| | Hmotnost (g) | % rel. | Hmotnost (g) | % rel. | Hmotnost (g) | % rel. | Hmotnost (g) | % rel. |
| kontrola | 1,140 a | 100,0 | 1,030 a | 100,0 | 1,183 a | 100,0 | 1,633 a | 100,0 |
| ZnO | 1,163 a | 102,0 | 1,263 a | 122,7 | 1,457 a | 123,1 | 2,267 ab | 138,8 |
| ZnSO ₄ | 1,177 a | 103,2 | 1,257 a | 122,0 | 1,623 a | 137,2 | 2,247 ab | 137,6 |
| Zn chelát EDTA | 1,247 a | 109,4 | 1,267 a | 123,0 | 1,643 a | 138,9 | 2,457 b | 150,4 |

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

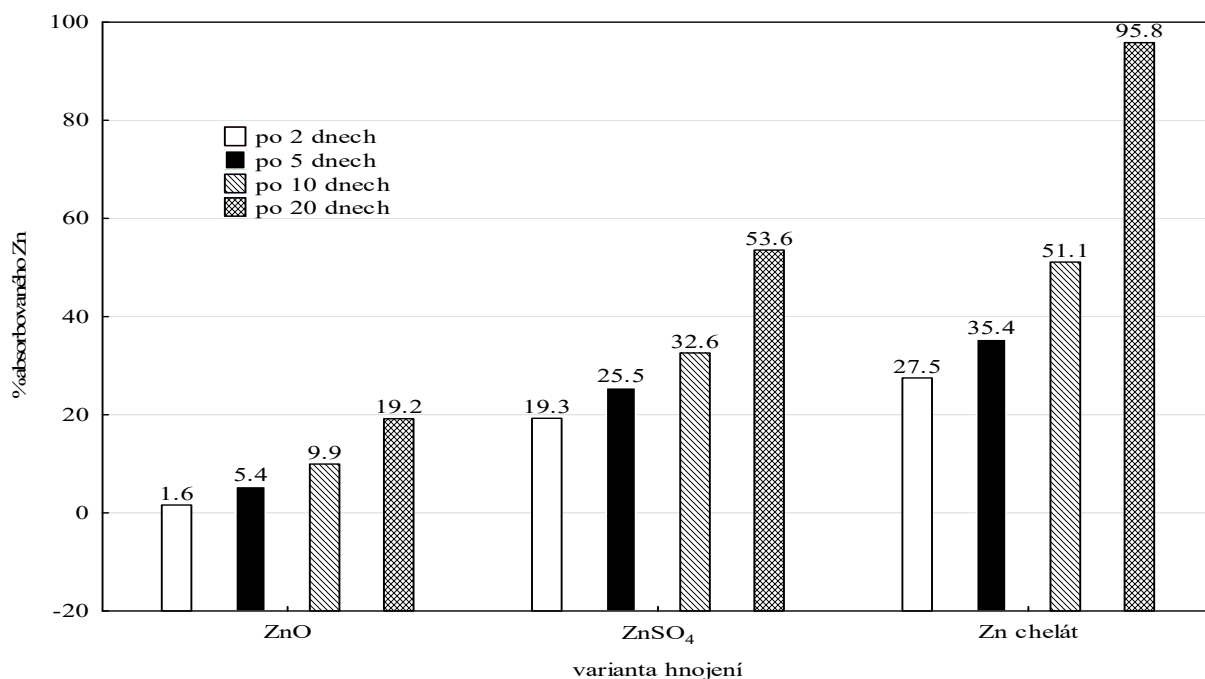
Tab. 4 Obsah zinku (mg/kg a.s.) v nadzemní části rostlinné hmoty kukuřice seté

| Varianta | Termín odběru | | | | | | | |
|-------------------|---------------|--------|------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | 1. 9. 2017 | | 4. 9. 2017 | | 10. 9. 2017 | | 19. 9. 2017 | |
| | Zn (mg/kg) | % rel. | Zn (mg/kg) | % rel. | Zn (mg/kg) | % rel. | Zn (mg/kg) | % rel. |
| kontrola | 16,70 | 100,0 | 18,50 | 100,0 | 17,07 | 100,0 | 15,37 | 100,0 |
| ZnO | 17,03 | 102,0 | 16,53 | 89,4 | 16,73 | 98,0 | 15,73 | 102,4 |
| ZnSO ₄ | 23,23 | 139,1 | 22,13 | 119,6 | 20,03 | 117,4 | 19,13 | 124,5 |
| Zn chelát EDTA | 22,20 | 132,9 | 27,90 | 150,8 | 30,13 | 176,6 | 28,37 | 184,6 |

Tab. 5 Odběr zinku (μg) v nadzemní části 1 rostliny kukuřice seté

| Varianta | Termín odběru | | | | | | | |
|-------------------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | 1. 9. 2017 | | 4. 9. 2017 | | 10. 9. 2017 | | 19. 9. 2017 | |
| | Odběr Zn (μg) | % rel. | Odběr Zn (μg) | % rel. | Odběr Zn (μg) | % rel. | Odběr Zn (μg) | % rel. |
| kontrola | 19,0 | 100,0 | 19,1 | 100,0 | 20,2 | 100,0 | 25,0 | 100,0 |
| ZnO | 19,8 | 104,4 | 21,1 | 110,7 | 24,3 | 120,3 | 35,7 | 142,6 |
| ZnSO ₄ | 27,5 | 145,2 | 28,1 | 147,6 | 32,5 | 161,0 | 42,9 | 171,4 |
| Zn chelát EDTA | 27,5 | 145,1 | 35,6 | 186,6 | 49,1 | 243,6 | 69,7 | 278,8 |

Graf 3 Absorpce mimokořenově aplikovaného zinku kukuřicí (% z aplikované živiny)



U všech testovaných hnojiv (forem zinku) se podíl rostlinou absorbovaného množství zinku v čase zvyšoval. Mezi sledovanými variantami je však patrný poměrně velký rozdíl v jeho absorbovaném množství. Zatím co zinku aplikovaného ve formě ZnO, se do rostliny dostalo během 20 dní necelá 1/5 z jeho celko-

vého množství, které ulpělo na rostlině, zinek síranový byl přijat ve stejném čase více než z 50 %. Nejvyšší podíl absorbovaného množství zinku v daném čase byl zjištěn na variantě hnojené Zn ve vazbě na EDTA. Chelátový zinek se během sledovaného období dostal do rostliny z 96 %.

Závěr

Absorpce zinku rostlinou kukuřice seté je velmi závislá na jeho formě obsaženém v hnojivu. Z vegetačního nádobového pokusu jasně vyplývá, že nejnižší efekt, měřený množstvím přijaté živiny rostlinou, byl sledován na variantě hnojené oxidovou for-

mu zinku. Zatímco se na této variantě dostalo během testovaného období dvaceti dnů do rostliny necelých 20 % z celkového aplikovaného množství zinku, síranová a chelátová forma Zn měly účinnost cca 2,8; respektive 5x vyšší.

Použitá literatura

- Fernández, V., Sotiropoulos, T., Brown, P. H. (2013): Foliar fertilization: scientific principles and field practices. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France, 140 p.
- Huett, D. O., Vimpany, I. (2006): An evaluation of foliar nitrogen and zinc applications to macadamia. Australian Journal of Experimental Agriculture. 46:1373-1378.
- Keshavarz, K., K. Vandati, M. Samar, B. Azadegan, and P. H. Brown. (2011). Foliar application of zinc and boron improves walnut vegetative and reproductive growth. HortTechnology. 21:181-186.
- Andreini, C., Bertini, I., Rosato, A. (2009): Metalloproteomes: a bioinformatic approach. Accounts of Chemical Research, 42(10): 1471-1479.
- Maret, W. Li, Y. (2009): Coordination dynamics of zinc in proteins. Chemical Reviews, 109(10): 4682-4707.
- Broadley, M., Brown, P., Cakmark, I., Rengel, Z., Zhao, F. (2012): Function of Nutrients: Micronutrients. In: Marschner, P. (Ed.) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition), Academic Press, 191-248.
- Sousa, S. F., Lopes, A. B., Fernande, P. A., Ramos, M. J. (2009): The zinc proteome: a tale of stability and functionality. Dalton Transactions, 14: 7946-7956
- Gangloff, W. J., Westfall, D. G., Peterson, G., Mortvedt, J. J. (2006): Availability of organic and inorganic Zn fertilizers. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37(1-2): 199-209.

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