

# TRANSLOKACE HOŘČÍKU U AVENA SATIVA L. V ZÁVISLOSTI NA HNOJENÍ DRASLÍKEM

## Magnesium translocation in *Avena sativa* in dependence on potassium fertilization

Jiří TŮMA

Katedra biologie, PdF, Univerzita Hradec Králové, Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové 3, tel. +420 493 331 178, e-mail: jiri.tuma@uhk.cz

V přesném nádobovém pokusu v Hořčickách (okr. Náchod) byl zkoumán vliv stupňovaného draselného hnojení na obsah hořčíku u ovsu setého ve fázi 2. kolénka (fáze 32 DC) a v mléčné zralosti (fáze 75 DC) a odděleně v latách, stoncích, horních zelených a dolních žlutnoucích listech. Pro pokus byla použita fluvizem s vyšším obsahem hořčíku, odebraná z honu č. 1568 v ZD Dolany u Jaroměře.

### Úvod

Problematika výživy rostlin hořčíkem je stále aktuální. Deficit hořčíku se často projevuje v půdách, následně pak v rostlinách, u hospodářských zvířat a u člověka, jako konečném článku potravinového řetězce. U rostlin se často stává limitujícím prvkem pro výnosy plodin a kvalitu produkce, u hospodářských zvířat, zejména při pastevním odchovu, se vyskytly metabolické poruchy a snížení užitkovosti. U lidí pak při jeho nedostatečném přísunu byl pozorován zvýšený výskyt chorob kardiovaskulárního systému, zvýšený výskyt alergií, únavy a oslabení imunitního systému (ALTURA 1986, GRUNES et WELCH 1989).

Obsah hořčíku v rostlinách závisí především na druhu rostliny, orgánu a jeho stáří a na výživě. Výsledky našich pokusů naznačily, že u dvouděložných rostlin je obsah hořčíku více než dvojnásobný v porovnání s rostlinami jednoděložnými. Příjem hořčíku rostlinami je pak většinou rovnoměrný v průběhu celé vegetace. Celkový odběr hořčíku je nižší než u vápníku a několikanásobně nižší než u draslíku (TŮMA et SKALICKÝ 2001, TŮMA et al. 2004).

Největší množství hořčíku obsahují zpravidla fotosynteticky aktivní listy. Stupňované zastoupení hořčíku v živném médiu se nejvíce projevuje v jeho vzrůstajícím obsahu hlavně v těchto listech. V porovnání s nimi pak ve žlutnoucích listech byl zjištěn obsah hořčíku výrazně nižší, což svědčí o jeho možnosti reutilizace. Nedostatek hořčíku se u rostlin většinou projevuje v latentní formě, protože se mobilizují rezervy. Teprve při výraznějším a dlouhodobě trvajícím deficitu se objevují zjevné příznaky. Začínají na starších listech, kam je omezen přísun Mg z xylému a dochází zde k reutilizaci látek a hořčík je transportován floémem přednostně do mladších listů, které jsou tak zatím bez vizuální deficiencie (SCOTT et ROBSON 1991, TŮMA et SKALICKÝ 2001). Deficiencie Mg se může projevit nejen ve snížení koncentrace chlorofylu, ale snižuje i rychlost fotosyntézy, redukuje aktivitu nitratreduktasy a glutamatsyntasy v listech (DING et al. 2006).

Příjem a transport  $Mg^{2+}$  rostlinami může být silně potlačován ostatními kationty především monovalentními  $K^+$  a  $NH_4^+$ , i divalentními  $Ca^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ . Rovněž i v kyselém prostředí je jeho příjem omezován  $H^+$ , popřípadě  $H_3O^+$  a pokud se jedná o půdní roztok i  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ . Tato inhibice se může projevovat při příjmu  $Mg^{2+}$  kořenovými buňkami, ale i například buňkami listového mezofylu nebo při jeho transportu mezi jednotlivými kompartmenty buňky – např.

chloroplast, vakuola atd. Naproti tomu na příjem hořčičku působí synergicky aniony, např. nitrát a fosfát (MARSCHNER 1997, RUFYKIRI et al. 2003, SABREEN et SAIGA 2004).

Transport hořčičku v rostlině je poměrně dobrý. Svědčí o tom jeho koncentrace ve xylémové i floémové šťávě. Ve floému proudí přibližně 3x více hořčičku než ve xylému, ale jeho transport je pomalý. V porovnání s draslíkem jsou i transportovaná množství výrazně nižší. Naproti tomu vápník je transportován hlavně xylémem (HOCKING 1980).

Cílem práce bylo zjistit, jak ovlivňuje stupňované hnojení draslíkem příjem a translokaci hořčičku u ovesa při vyšším obsahu hořčičku v půdě a jeho požadované relaci k draslíku.

### Materiál a metodika

Výzkum byl realizován ve formě nádobového pokusu v Hořičkách (450 m.n.m., okr. Náchod). Pokusnou plodinou byl oves setý (*Avena sativa* L.), odrůda Auron. Za pokusné nádoby byla použita polyetylenová vědra s perforovaným dnem, která byla umístěna do misek s molitanovou kruhovou podložkou. Do každé pokusné nádoby bylo odváženo 10 kg suché zeminy. Pro pokus byla použita fluvizem s vyšším obsahem hořčičku, odebraná z honu č. 1568 v ZD Dolany u Jaroměře. Agrochemická charakteristika použité půdy byla následující: pH/KCl – 6,38; obsah přijatelného P 7,8 mg.kg<sup>-1</sup>, K 106 mg.kg<sup>-1</sup>, Mg 132 mg.kg<sup>-1</sup> (ve výluhu metodou KVK-UF podle MATULA et PIRKL 1988), kationtová výměnná kapacita (KVK) 157,1 mmol.kg<sup>-1</sup>, 7% Mg a 1,7 % K v KVK, poměr Mg/K 4,04. Každá pokusná nádoba byla oseta 30 obilkami (24. 4. 1996). Počet rostlin byl po vzejití upraven na 25. V pokusu bylo založeno 5 variant hnojení ve čtyřnásobném opakování. Schéma pokusu a dávky chemikálií na nádobu jsou uvedeny v tab. 1.

**Tab. 1:** Schéma pokusu.

**Tab. 1:** Scheme of experiment.

Variant No.	Hnojení / Fertilized	Chemikálie / Chemicals (g / pot)		
		NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	KCl
I.	NP	1,9	0,408	-
II.	NPK50	1,9	0,408	0,319
III.	NPK100	1,9	0,408	0,638
IV.	NPK200	1,9	0,408	1,276
V.	NK200	1,9	-	1,276

Pokus probíhal ve venkovních podmínkách s pravidelnou závlivkou. V podložních miskách byla neustále udržována hladina vody. Průměrné denní teploty v jednotlivých dekádách a měsících jsou uvedeny v tab. 2.

**Tab. 2:** Průměrné denní teploty na stanovišti Hořičky.

**Tab. 2:** Average daily temperatures at Hořičky site.

	1. dekáda The 1 <sup>st</sup> decade	2. dekáda The 2 <sup>nd</sup> decade	3. dekáda The 3 <sup>rd</sup> decade	Měsíční průměr Monthly average
Duben – April	5,2	7,1	13,8	8,7
Květen – May	13,0	16,7	14,5	14,7
Červen – June	21,2	18,2	15,1	18,2
Červenec – July	16,9	16,6	18,4	17,3

Odběry rostlin proběhly ve fázi 2. kolénka – 32 DC (5 rostlin z každé nádoby) a ve fázi středně mléčné zralosti – 75 DC (7 celých rostlin z každé nádoby). Současně v této fázi bylo rovněž z každé nádoby sklizeno 8 rostlin, u kterých byly zvláště odděleny laty, stonky, horní zelené listy, dolní žloutnoucí listy. Jednotlivé vzorky byly samostatně analyzovány na obsah hořčičku. Byla uplatněna mineralizace pomocí kyseliny sírové, peroxidu vodíku a kyseliny salicylové. Obsah hořčičku v rostlinách byl stanoven pomocí Sekvenční ICP spektrometrie. Výsledky byly statisticky zpracovány pomocí analýzy rozptylu v programu Statgraphics.

### Výsledky a diskuse

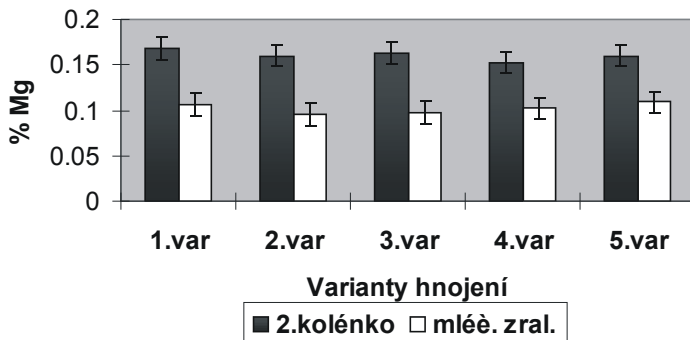
Na obr. 1 je porovnán obsah hořčičku v nadzemní části rostlin ovesa ve fázi 2. kolénka (32 DC) a ve fázi mléčné zralosti (75 DC). Ve fázi 2. kolénka byl zjištěn signifikantně vyšší obsah hořčičku, než v mléčné zralosti, což je v souladu s našimi dřívějšími výsledky (TŮMA, 1999). V této fázi se účinek stupňovaného hnojení draslíkem projevil ve sníženém obsahu Mg pouze nevýznamně. Nejvyšší obsah 0,17 % Mg byl zjištěn u I. varianty bez draselného hnojení oproti 0,15 % Mg u IV. varianty s nejvyšší dávkou draslíku. Zřejmě variabilitou rostlinného materiálu vznikl nepatrně zvýšený obsah Mg u V. varianty v porovnání se IV. variantou, protože v literatuře se uvádí převážně synergické působení mezi Mg a P.

Obsah Mg v sušině jednotlivých částí rostliny ovesa sklizeného v mléčné zralosti (75 DC), je znázorněn na obr. 2. Nejvyšší obsah byl zjištěn v listech. Průměrný obsah Mg v zelených listech byl 0,16 % a ve spodních žlutých listech 0,24 %. To naznačuje spíše na menší schopnost translokace a reutilizace Mg. Nižší obsah Mg pak byl zaznamenán v latách – přibližně 0,13 % a stonku 0,07 %. U zelených listů bylo pozorováno nejvýraznější snížení obsahu hořčičku v důsledku zvýšené výživy K v porovnání s I. variantou bez K výživy. Antagonistické působení mezi K a Mg dokládá i záporná hodnota korelačního koeficientu ( $r = -0,6935$ ,  $n = 80$ ), kde byly porovnány obsahy K a Mg ve vzorcích. Zajímavé je zjištění vyššího obsahu Mg u variant hnojených K v porovnání s variantou nehnojenou u dolních žlutých listů. Tyto výsledky naznačují možnost, že vyšší obsah K v žloutnoucích listech brání výraznější reutilizaci Mg. Tuto hypotézu potvrzuje skutečnost, že v našem pokusu Tůma a Skalický (2001) kde nebyl aplikován draslík, ale zvyšující se dávky hořčičku, bylo zjištěno celkové snížení obsahu hořčičku u žlutých listů v porovnání s listy zelenými. Právě na schopnost reutilizace hořčičku není v literatuře jednotný názor. Např. MENGEL (1984) a BERGMAN (1992) ji uvádějí jako dobrou. Vychází ze zjištění řady autorů, že koncentrace Mg ve floému je poměrně vysoká. Oproti tomu v některých pramenech je zdůrazněn pomalý transport hořčičku floémem a malá možnost reutilizace. Příčiny deficiencie na starších listech jsou vysvětlovány tím, že tyto listy vyžadují daleko větší přísun hořčičku xylémem než listy mladé. Cesta Mg z míst průběžného rozpadu chlorofylu je orientována ven z buňky k systému pektátů, které jej pohlcují (MATULA 1987).

Z výsledků je tedy zřejmé, že stupňované dávky draselného hnojení měly určitý vliv na snížení obsahu Mg v rostlinách (v zelených, fotosynteticky aktivních listech). Výraznějšímu snížení obsahu Mg zabránil pravděpodobně vysoký obsah Mg v půdě i jeho dostatečná relace ke K (poměr ekvivalentů v půdě Mg/K 4,04). Podle SCOTT et ROBSON (1991) z celkového obsahu Mg v rostlině je v chlorofylu vázáno kolem 15–20 % a v případě deficitu hořčičku se tento podíl zvyšuje nad 30 %. To znamená, že je nejdříve ochuzena řada jiných biologických soustav, než dojde na syntézu chlorofylu. I enzym, který při syntéze chlorofylu zabudovává hořčik do porfyrinového jádra Mg-chelatasa vyžaduje ATP a tím také další Mg. V našem pokusu proto také nebyly pozorovány žádné viditelné příznaky deficitu hořčičku.

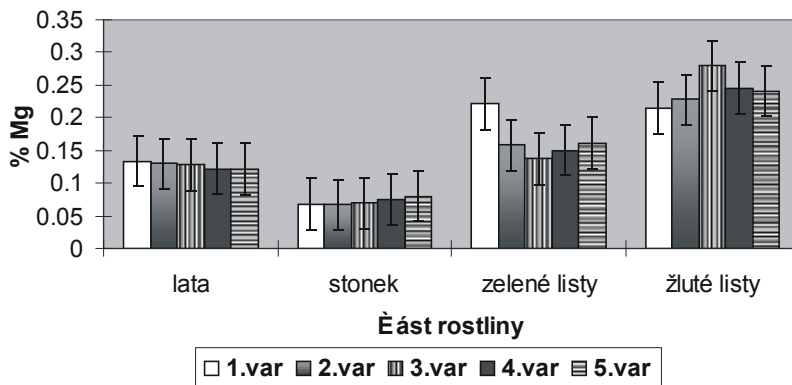
**Obr. 1:** Obsah hořčíku v sušině celých rostlin *Avena sativa* L.

**Fig. 1:** Mg content in dry matter of *Avena sativa* L. Plant tops 2. kolénko – 32 DC, mláč. zral. – 75 DC



**Obr. 2:** Obsah hořčíku v sušině jednotlivých částí rostlin *Avena sativa* L.

**Fig. 2:** Mg content in dry matter of individual parts of *Avena sativa* L. Lata – panicle, stonek – stem, zelené listy – green leaves, žluté listy – yellow leaves, část rostliny – part of plant



### Souhrn

V přesném nádobovém pokusu v Hoříčkách (okr. Náchod) byl zkoumán vliv stupňovaného draselného hnojení na obsah hořčíku u ovsa setého ve fázi 2. kolénka (32 DC) a středně mléčné zralosti (75 DC) v nadzemní hmotě rostlin a ve fázi 75 DC také odděleně v latách, stoncích, horních zelených a dolních žloutnoucích listech. V sušině celých rostlin se ve fázi 32 DC projevila účinek stupňovaného hnojení draslíkem ve sníženém obsahu hořčíku pouze nevýznamně. Signifikanční snížení obsahu hořčíku bylo pozorováno u zelených, fotosynteticky aktivních listů. Antagonistické působení mezi draslíkem a hořčíkem dokládá i záporná hodnota korelačního koeficientu ( $r = -0,6935$ ,  $n = 80$ ). U spodních žlutých listů byl zjištěn opačný trend, nárůst obsahu hořčíku se stupňovanou výživou draslíkem. Naše výsledky naznačují možnost, že vyšší obsah K v žloutnoucích listech brání výraznější reutilizaci Mg.

## Summary

In the pot experiment of *Avena sativa* the effect of graded K application on the Mg content in the second phase of nodule (32 DC) and in the dairy ripeness (75 DC) in upper plant matter and also separately in panicles, stems, green upper and yellow lower leaves was studied. This experiment was located in Hořický aerea (Náchod district). The effect of graded K application showed insignificant lower Mg content in dry matter of plants. Significant decreased of Mg content was observed in the photosynthetic active green leaves. Antagonistic activity between K and Mg illustrates even negative value of the corellative coefficient ( $r = -0,6935$ ,  $n = 80$ ). The opposite effect was observed in the lower yellow leaves – Mg content increase with the graded K support. Our results show the possibility that higher K content in yellow leaves inhibits greater Mg reutilization.

## Poděkování

Tato práce vznikla díky podpoře GAČR č. 503940021 (odpovědný řešitel Doc. Ing. Jiří Matula, CSc., VÚRV Praha) a spoluprací VÚRV s katedrou biologie PdF Univerzity Hradec Králové. Naše poděkování patří také Doc. Ing. Jiřímu Matulovi, CSc. a pracovníkům oddělení Agrochemie VÚRV za spolupráci na rozbořech rostlinného materiálu a umožnění našim studentům realizovat tyto rozbořby na tomto pracovišti. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Karlu Dvořáčkovi za realizaci nádobového pokusu a přípravu vzorků na rozbořby.

## Literatura

- ALTURA B. M., 1986: Magnesium, Stress and the Cardiovascular System. *S. Karger AG, Switzerland*.
- BERGMANN W., 1992: Nutritional disorders of plants. *Gustav Fischer Verlag, Jena*.
- DING Y., LUO W., XU G., 2006: Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Annals of Applied Biology*, 149 (2): 111–123.
- GRUNES D. L., WELCH R. M., 1989: Plant content of magnesium, calcium and potassium in relation to ruminant nutrition. *J. Amin. Sci.* 67: 3485–3494.
- HOCKING P. J., 1980: The composition of phloem exudate and xylem sap from tree tobacco (*Nicotiana glauca* Groh). *Ann. Bot.*, 45: 633–643.
- MARSCHNER H., 1997: Mineral Nutrition of Higher Plants. *Academic Press Inc.*, Second Edition (Second printing), London.
- MATULA J., 1987: Agrochemie. *VŠZ Praha*.
- MATULA J., PIRKL J., 1988: Vyluhovací roztok pro stanovení draslíku, hořčíku, vápníku, sodíku, manganu a rostlinám dostupného fosforu v půdě a hodnoty kationtové výměnné kapacity. *Úřad pro vynálezy a objevy Praha, AO č. 272804*.
- MENGL K., 1984: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze, *VEB Gustav Fischer Verlag, 6. Überarbeitete Auflage, Jena*.
- RUFYKIRI G., GENON J. G., DUFÉY J. E., DELVAUX B., 2003: Competitive adsorption of hydrogen, calcium, potassium, magnesium, and aluminum on banana roots: Experimental data and modeling. *Journal of Plant nutrition*, 26 (2): 351–368.
- SABREEN S., SAIGA S., 2004: Potassium level suitable for screening high magnesium containing grass seedlings under solution culture. *Journal of Plant nutrition*, 27 (6): 1015–1027.
- SCOTT B. J., ROBSON, A. D., 1991: Distribution of magnesium in wheat (*Triticum aestivum* L.) in relation to supply. *Plant soil*, 136: 183–193.
- TŮMA J., 1999: Vliv hnojení na obsah živin v půdě, výnosy plodin a minerální složení rostlin. Habilitační práce. *ČZU Praha*.
- TŮMA J., SKALICKÝ M., 2001: Magnesium content in individual parts of *Avena sativa* L. plant as related to magnesium nutrition. *Rostlinná výroba*, 47: 440–443.

TŮMA J., SKALICKÝ M., TŮMOVÁ L., BLÁHOVÁ P., ROSŮLKOVÁ M., 2004: Potassium, magnesium and calcium content in individual parts of *Phaseolus vulgaris* L. plant as related to potassium and magnesium nutrition. *Plant, Soil and Environment.*, 50 (1):18–25.

*Došlo: 2. 4. 2009*