



Efeito do Neodímio na absorção de macro e micronutrientes em plantas de soja ⁽¹⁾.

Luiza Maria Pereira Pierangeli⁽²⁾; Cynthia de Oliveira⁽³⁾; Alisson Francelino dos Reis Guerra⁽⁴⁾; Sílvio Junio Ramos⁽⁵⁾; Lívia Cristina Coelho⁽⁶⁾; Luiz Roberto Guimarães Guilherme⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Acordo Vale UFLA Terras Raras (ITV, UFLA); CNPq; FAPEMIG; CAPES; Rede Agrometais.

⁽²⁾ Aluno de graduação em Agronomia e Iniciação Científica do Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA); Lavras, MG; luh.pierangeli@gmail.com; ⁽³⁾ Pesquisadora Pós-doutoranda; Universidade Federal de Lavras; ⁽⁴⁾ Aluno de graduação; Universidade Federal de Lavras; ⁽⁵⁾ Pesquisador; Instituto Tecnológico Vale Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil; ⁽⁶⁾ Doutoranda do DCS, Universidade Federal de Lavras ⁽⁷⁾ Professor do DCS; Universidade Federal de Lavras;

RESUMO: Elementos terras raras (ETRs) têm sido bastante utilizados na agricultura, por esse motivo é importante estudar o efeito destes elementos em plantas. Para esse trabalho plantas de soja foram submetidas a diferentes concentrações de Neodímio (Nd), 0; 5; 10; 20; e 40 μM em solução nutritiva para avaliar o efeito desse elemento na absorção de macro (Mg, Ca, P, S e K) e micronutrientes (Cu, Mn, Fe e Zn). As plantas foram cultivadas por 22 dias em solução nutritiva após esse período as amostras foram preparadas separando-se raiz e parte aérea para posterior leitura de Nd em ICP-MS da marca Perkin Elmer®. Os teores de macro e micronutrientes foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica e os teores S e P total foram determinados usando-se o método turbidimétrico de sulfato de bário e espectrofotômetro para medir o complexo fosfo-molibdênio colorimetricamente a 680 nm, respectivamente. Na raiz os teores de macronutrientes foram mais elevados nas plantas tratadas com Nd, exceto o Ca, cujos teores não diferiram entre si. Ainda na raiz, os teores de Cu foram menores nos tratamentos com Nd. Na parte aérea os teores dos macro e micronutrientes não foram afetados pelo Nd, exceto o S e P, cujos teores foram mais elevados nas maiores doses de Nd.

Termos de indexação: Elementos terras raras; Nutrição de plantas; Fósforo.

INTRODUÇÃO

O interesse pelos elementos terras raras (ETRs) vem crescendo, tanto para aplicações industriais quanto para a agricultura. Na agricultura, o uso de ETRs tem sido estudado principalmente na China (Zhang e Shan, 2001; Zhou et al., 2012). Bentlin e Pozelon (2010) afirmam que o uso de fertilizantes enriquecidos com ETRs deve aumentar. Dessa maneira, o enriquecimento do solo com ETRs pode acontecer, sendo importante realizar estudos para

avaliar o efeito que esses elementos podem causar na absorção de macro e micronutrientes pela planta. Plantas de diferentes espécies apresentaram respostas fisiológicas ao efeito de ETRs (Fashui et al., 2000; Chen et al., 2001; Hu et al., 2004). Quando aplicado em quantidades apropriadas os ETRs não só promovem a germinação das sementes e desenvolvimento das raízes, mas também promovem maior qualidade na colheita e maior resistência das plantas contra estresses (He e Xue, 2005; d'Aquino et al., 2009).

Segundo Liu et al. (2012) a absorção de nutrientes nas raízes e parte aérea foram afetadas com a exposição a diferentes tratamentos de Ce^{3+} , o que indicou que o Ce^{3+} afetou o estado nutricional das raízes e parte aérea e o crescimento do arroz. Na China culturas tratadas com fertilizantes comerciais que contêm ETR, como o Nd tiveram um aumento de cerca de 10 a 20% na produção (Guo, 1985; Xiong, 1995).

Desse modo o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do Nd na absorção de macro e micronutrientes em plantas de soja cultivadas em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desse trabalho foram semeadas sementes de soja (*Glycine max* L. Merrill) cv. BRSMG 760 SRR em substrato de vermiculita, cultivadas em estufa e regadas diariamente com água bidestilada. Após 14 dias da semeadura as plantas foram transplantadas para vasos de 2 L contendo solução nutritiva de Hoagland-Arnon, com 1/2 da força iônica. Uma semana após o transplante, as plantas foram expostas à solução nutritiva contendo doses diferentes de Neodímio (Nd). Foram testadas cinco doses de Nd: 0, 5, 10, 20 e 40 μM com quatro repetições. As soluções utilizadas foram de Nd-EDTA, sendo o Nd na forma de $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Após 22 dias o material vegetal foi coletado e lavado com água deionizada e,



posteriormente, dividido em raízes e parte aérea, as quais foram secas em estufa de circulação forçada a 60°C até peso constante.

Para análise do Nd, aproximadamente 0,100 g de raízes e parte aérea foram fundidos com 1,4 g de metaborato de lítio em um cadinho de platina a 1000 °C em máquina de fusão da marca Claisse, modelo BIS Fluxer. Após arrefecimento, os grânulos resultantes foram dissolvidos em béqueres contendo aproximadamente 50 mL da solução de 2,5% de ácido tartárico e 10% de HNO₃. Cada béquer foi então transferido para uma chapa aquecedora a 120 ± 20°C com agitação magnética durante a solubilização completa. As amostras foram, em seguida, transferidas para balões volumétricos de polipropileno de 100 mL e o volume completado com solução de ácido tartárico a 2,5% e 10% de HNO₃, obtendo-se assim os extratos para determinação do Nd. Para controle de qualidade foi usado como material de referência certificado o Aquatic Plant-BCR670®, IRMM. O teor do Nd nos extratos foi determinado por espectrometria de massas com plasma (ICP-MS) da marca Perkin Elmer®.

Para análises dos macro e micronutrientes, Ca, Mg, S, K, Cu, Fe, Mn, Fe e Zn, 0,5 g do material vegetal seco, raízes e parte aérea, foram pesados e digeridos em 4,0 mL de HNO₃ concentrado + 2,0 mL de HClO₄ concentrado a 120 ± 8 °C durante 1 h e, em seguida, a 220 ± 8 °C, até se observarem vapores de HClO₄. Os teores total de Ca, Mg, S, K, Cu, Fe, Mn, Fe e Zn nas amostras foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica. Os teores de S total na amostra foram determinados usando-se o método turbidimétrico de sulfato de bário e os de P por espectrofotômetro para medir o complexo fosfo-molibdênio colorimetricamente a 680 nm. A matéria seca total das plantas de soja foi determinada conforme Malavolta et al., 1997.

Os resultados foram submetidos à análise estatística, estabelecendo-se como fontes de variação as doses de Nd e as médias de cada elemento foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, nível de significância igual a 5%, usando-se o software Sisvar® (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores dos macro e micronutrientes são mostrados na Tabela 1. Para a maioria (MG, P, S e K) dos macronutrientes, nas raízes, o uso de Nd afetou a absorção desses nutrientes pela planta, exceto para o Ca que não apresentou diferença em sua absorção em todos os tratamentos. Já para os micronutrientes a maioria não apresentou diferença na sua absorção mesmo nas maiores doses, exceto para o Cu que teve menor absorção na dose de 40 µM de Nd. Já para a parte aérea a absorção de

macro e micronutrientes não diferiu quando utilizadas as diferentes concentrações de Nd, exceto para o S e P cujos teores foram mais elevados nas maiores doses de Nd (colocar quais doses entre parêntesis).

A maioria dos nutrientes que não tiveram sua absorção prejudicada pelas doses de Nd tem como principal função serem componentes e ativadores de enzimas nas plantas. O P, que teve sua absorção maximizada pelo Nd, é essencial para o armazenamento e transferência de energia para os processos fisiológicos na forma de ATP. Apesar do aumento na absorção de P e S nas plantas tratadas com o Nd, observou uma redução na produção de biomassa total (Figura 1), a qual variou de 8,28 no tratamento controle a 5,35 g na maior dose de Nd (Tabela 2). Houve aumento do teor de Nd nas raízes e parte aérea, com o aumento da disponibilização de Nd em solução nutritiva (Figura 2). O maior teor de Nd foi encontrado nas raízes, por este ser o órgão de absorção direta deste elemento, no caso deste experimento. O menor teor foi encontrado na parte aérea, provavelmente devido à presença de barreiras apoplásticas que impedem a translocação de todo o Nd absorvido para a parte aérea das plantas. Dessa forma o Nd fica principalmente retido nas raízes, tendo se translocado para a parte aérea apenas na maior dose de Nd. Nas concentrações inferiores os teores de Nd na parte aérea foram tão baixos que foram menores que o limite de detecção do método utilizado para a quantificação.

CONCLUSÕES

O Nd influenciou a absorção da maioria dos macronutrientes, exceto o Ca pelas plantas de soja.

Dos micronutrientes apenas o Cu foi influenciado pela presença do Nd.

Os teores de Nd foram maiores nas raízes do que na parte aérea, indicando que esse elemento é pouco móvel na planta.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado financeiramente pelo Instituto Tecnológico Vale em cooperação com a Universidade Federal de Lavras (Acordo N ° 020/2012) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), e apoiado pela Rede de Pesquisas AgroMetais.

REFERÊNCIAS

BENTLIN, F.R.S. & POZEBON, D. Direct determination of lanthanides in environmental samples using ultrasonic

nebulization and ICP OES. J. Braz. Chem. Soc. [online]. 2010, vol.21, n.4, pp. 627-634. ISSN 0103-5053.

CHEN WJ.; TAO Y, GU YH, ZHAO GW.; Effect of lanthanide chloride on photosynthesis and dry matter accumulation in tobacco seedlings. Biol Trace Elem Res 79:169–176, 2001.

D'AQUINO L.; MASSIMO M.; CARBONI MA.; STAIANO M.; ANTISARI MV.; RE M, LORITO M.; VINALE F.; ABADI KM.; WOO SL.; Effect of some rare earth elements on the growth and lanthanide accumulation in different Trichoderma strains. Soil Biol Biochem 41:2406–2413, 2009.

FASHUI H.; ZHENGGUI W, GUIWEN Z.; Effect of lanthanum on aged seed germination of rice. Biol Trace Elem Res 75:205–213, 2000.

FERREIRA, D. F. Sisvar software: versão 5.3. Lavras: UFLA-DEX, 2010. Software.

GUO, B. Present and future situation of rare earth research in Chinese agronomy. In GUANGXIAN, X.; JIMEI, X. (editors) Proceedings of the 1st International Conference on Rare Earth Development and Applications, 10-14 September 1985, pages 1522-1526, Beijing, China, 1985. Science Press, Beijing.

HE Y.; XUE L.; Biological effects of rare earth elements and their action mechanisms. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao 16:1983–198, 2005.

HU Z.; RICHTER H.; SPAROVEK G.; SCHNUG E.; Physiological and biochemical effects of rare earth elements on plants and their agricultural significance: a review. J Plant Nutr 27:183–220, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

XIONG, B.K. Application of Rare Earths in Chinese Agriculture and their perspectives of Development. In Proceeding of the Rare Earths in Agriculture Seminar, 20. September 1995, pages 5–9, Canberra, ACT Australia, 1995.

ZHANG, S.; SHAN, X.; Speciation of rare earth elements in soil and accumulation by wheat with rare earth fertilizer Environmental Pollution, 112(3): 395-405, 2001.

ZHOU, Z.; WANG, Z.; LI, J.; LI, Y.; ZHANG, P. Distribution of rare earth elements in sewage-irrigated soil profiles in Tianjin, China. Journal of Rare Earths, 30(6):609-613, 2012.

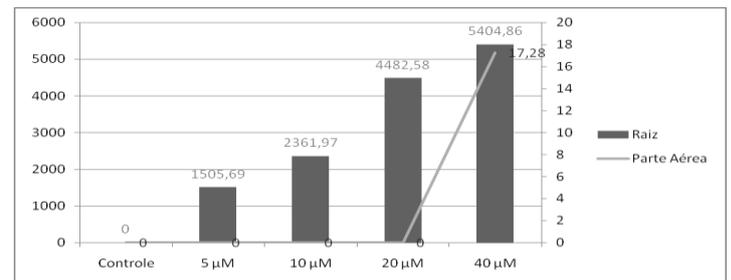


Figura 1 - Teor de Nd na raiz e parte aérea das plantas de soja

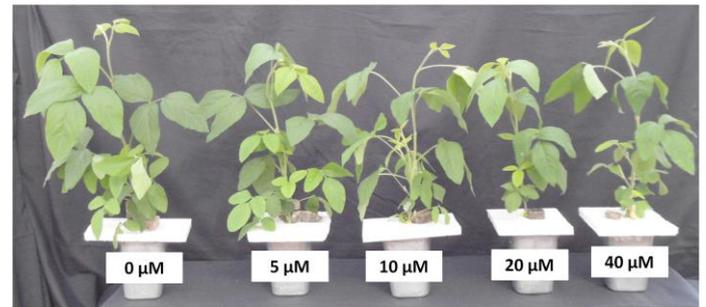


Figura 2 - Plantas de soja com 22 dias de tratamento com Nd(NO₃)₃. (Solução de Nd-EDTA).

Tabela 1 - Teores de macro e micronutrientes em raiz e parte aérea de plantas de soja cultivadas em solução nutritiva contendo doses crescentes de Neodímio

Macronutrientes	Raiz				
	Controle	5 μM	10 μM	20 μM	40 μM
Mg ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	6,53c	288,21b	286,55b	332,02b	521,99a
Ca ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	5,48a	6,65a	5,71a	5,42a	6,34a
P ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	11,30b	14,89a	15,63a	14,89a	14,70a
S ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	1,76b	2,64a	2,55a	2,62a	2,28a
K ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	14,80b	41,20a	42,40a	40,80a	36,60a
Micronutrientes					
Cu ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	6,09b	5,85b	4,99b	5,25b	3,37a
Mn ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	161,83a	123,78a	104,64a	81,39a	87,85a
Fe ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	588,40a	626,06a	568,56a	490,59a	473,43a
Zn ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	18,88a	20,75a	15,87a	18,30a	21,02a
Macronutrientes	Parte aérea				
	Controle	5 μM	10 μM	20 μM	40 μM
Mg ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	3,12a	3,12a	2,42a	3,71a	3,78a
Ca ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	19,71a	15,90a	11,66a	13,37a	19,53a
P ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	5,36b	5,90b	6,12b	7,75a	8,96a
S ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	2,30b	2,96a	3,02a	3,04a	2,99a
K ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	30,90a	29,70a	22,20a	33,15a	23,25a
Micronutrientes					
Cu ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	0,97a	1,60a	1,30a	0,76a	0,36a
Mn ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	59,80a	80,17a	64,86a	91,81a	71,40a
Fe ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	125,63a	161,06a	130,42a	163,05a	126,50a
Zn ($\mu\text{g g}^{-1}\text{MS}$)	11,63a	17,11a	20,71a	22,03a	20,18a

* Letras distintas referentes à mesma linha indicam diferença significativa entre as médias nas concentrações de Nd testadas na solução (μM), pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Tabela 2 - Peso seco (g) de plantas de soja sob concentrações de Nd em solução nutritiva. (MS PA – Matéria seca da parte aérea; MS R – Matéria seca do sistema radicular; MS T – Matéria seca total da planta).

[Nd] (μM de Nd)	MS PA (g)	MS R (g)	MS T (g)
0	7,19 a	1,08 a	8,28 a
5	6,76 b	1,04 b	7,13 b
10	6,52 b	1,03 b	7,00 c
20	5,17 c	1,03 b	6,52 d
40	4,03 d	1,01 b	5,35 e

* Letras distintas referentes à mesma linha indicam diferença significativa entre as médias nas concentrações de Nd testadas na solução (μM), pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).