

Nutrição de Zn e Mn em plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas em solução nutritiva sob doses de níquel⁽¹⁾.

Maria de Fátima Silveira⁽²⁾; Guilherme Dinali⁽³⁾; Gabriel Caixeta Martins⁽³⁾; Guilherme de Castro Franco⁽⁴⁾; Ana Rosa Ribeiro Bastos⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPEMIG, CAPES e CNPQ.

⁽²⁾ Estudante de Agronomia. Universidade Federal de Lavras. Lavras-Minas Gerais. fahsilveira@yahoo.com; ⁽³⁾ Mestrando em Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras ⁽⁴⁾ Mestrando em Nutrição de Plantas; Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP ⁽⁵⁾ Pós-doutoranda PNP/USP/USP/USP/USP; Universidade Federal de Lavras.

RESUMO: O arroz é uma cultura amplamente produzida e consumida pelo homem e sua produtividade está relacionada a um fornecimento equilibrado de nutrientes em proporções demandadas pela cultura. Neste contexto é imperante conhecer a quantidade de nutrientes exigidos pela planta, bem como a interação entre eles. Assim este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do Ni sob a nutrição de plantas de arroz em relação a Zn e Mn. Realizou-se um experimento em que plantas de arroz foram expostas a doses de Ni (0; 84; 169 e 252 $\mu\text{M L}^{-1}$) em solução completa, adaptada de Hoagland e Arnon (1950) e, após 120 dias as plantas foram coletadas, lavadas em água bidestilada, secas em estufa para então serem pesadas, moídas e digeridas segundo USEPA 3051A. Os teores de Zn e Mn foram quantificados em espectrofotômetro de absorção atômica (AAS) com chama. Os resultados evidenciam uma forte interação entre Ni, Zn e Mn, sendo os valores de acumulação significativamente influenciados pela elevação das doses de Ni, permitindo concluir que nutrição com Ni deve ser realizada com cautela, uma vez que esta pode afetar a absorção e transporte Zn e Mn, principalmente para os grãos.

Termos de indexação: Inibição, absorção e translocação.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado uma das culturas mais importantes para o homem, sendo capaz de suprir cerca de 20% de sua demanda diária de energia (Jung et al., 2008).

A utilização de nutrientes visando a nutrição desta gramínea, foi estudada por diversos pesquisadores, como Barbosa Filho et al. (1983), que obtiveram acréscimos de produtividade ao aplicar Zn nesta cultura. A deficiência de Zn é relatada em várias culturas anuais cultivadas em solo de cerrado (Barbosa Filho et al., 1994), sendo que sua falta ocorre devido ao baixo teor natural no

solo, o qual é insuficiente para suprir a necessidade da planta.

Outro nutriente que possui fundamental importância no metabolismo vegetal é o Mn, que mostra efeitos expressivos na nutrição mineral, tanto do ponto de vista da deficiência, como da toxicidade, com perdas significativas na produção de plantas cultivadas sob ambos os efeitos (Lopes, 1999).

Sabe-se que para uma boa produtividade, deve-se respeitar a Lei do Mínimo, neste contexto os nutrientes devem ser fornecidos em quantidades ideais demandados por cada cultura. O níquel é um elemento essencial que em geral, pequenas quantidades já são suficientes para atender as necessidades de algumas espécies (Seregin & Kozhevnikova, 2006).

Apesar dessa pequena exigência pelas plantas foram obtidas respostas positivas à fertilização com Ni, principalmente em soluções nutritivas (Marschner, 1995), entretanto, esta deve ser realizada com cautela, pois em altas concentrações pode diminuir significativamente a absorção de outros cátions dentre eles o Mg, Cu, Fe, Mn e Zn (Palacios et al., 1998).

Assim, com este trabalho, objetivou-se avaliar o efeito do Ni na nutrição de Zn e Mn em arroz cultivado em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG.

As sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) foram postas para serem germinadas em papel germitest em câmara de germinação tipo BOD a 25°C e luz constante. As plântulas foram transferidas para bandeja de adaptação contendo solução completa adaptada de Hoagland e Arnon (1950) com forças iônicas 25%, 50% e 75% durante três semanas (uma semana para cada força).

Posteriormente, foram aplicados os tratamentos em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se 4 doses de níquel (0; 84; 169 e 252 $\mu\text{M L}^{-1}$) em solução completa de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950), com três repetições. A troca das soluções era realizada quinzenalmente. A fonte de Ni utilizada foi o sulfato de níquel hexahidratado ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Após 120 dias as plantas foram coletadas, lavadas em água bidestilada, separadas em parte aérea e raiz e postas para secar em estufa sob circulação forçada com temperatura média de 65°C até atingirem peso constante. Em seguida as amostras foram moídas e digeridas segundo USEPA 3051A (USEPA, 1998). Utilizou-se em cada bateria uma amostra do padrão NIST SRM 1573a *Tomato leaves* como referência dos teores dos elementos, além de uma amostra em branco para controle de qualidade.

Os teores de Zn e Mn nos extratos foram quantificados em espectrofotômetro de absorção atômica (AAS) com chama. Foi realizada a análise de variância e quando detectado diferenças significativas os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão com 5% de probabilidade de erro, através do programa SISVAR 5.3 (Ferreira, 2010). Os critérios para escolha dos modelos de regressão foram aqueles que mostraram maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de regressão até 5% de probabilidade, pelo teste t e significado biológico do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A recuperação obtida do padrão NIST SRM 1573a *Tomato leaves* (Tabela 1) demonstra que os procedimentos analíticos adotados tiveram um bom controle de qualidade analítica.

Tabela 1- Recuperação padrão *Tomato leaves*.

Elemento	Recuperação (%)
Zn	95
Mn	93

A redução na produção de matéria seca (Figura 1) pode ter origem nos distúrbios nutricionais ocasionados pela inibição na absorção de cátions bivalentes pelo Ni, dentre os quais chama a atenção o Zn, uma vez que as funções deste nutriente na planta estão intimamente ligadas à composição, síntese e ativação de enzimas. Tem uma importante função relacionada à participação no metabolismo de auxinas, o que condiciona as plantas deficientes em Zn um menor teor de

triptofano e consequentemente AIA o que somado com a menor síntese protéica resultam em plantas menores (Marschner, 1995).

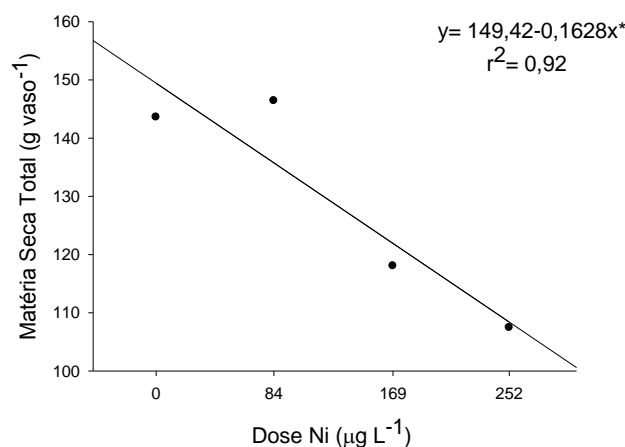


Figura 1 – Produção de matéria seca total em função das doses de níquel (*significativo a 5%).

Prado et al. (2007) relatam que o desequilíbrio nutricional, ressaltando os micronutrientes, pode ser considerado como um fator determinante na queda da produção de sementes. Desta forma a elevação dos teores de Ni no meio de cultivo, pode, devido à inibição com os micronutrientes catiônicos, resultar em desequilíbrio nutricional e consequentemente ocasionar perdas em produtividade. O aumento das doses de Ni levou a uma redução no acúmulo total (parte aérea + raiz + grãos) de Zn e Mn nas plantas (Figuras 2A e 2B) respectivamente, bem como redução na produção de matéria seca (Figura 1).

Estes resultados estão de acordo com o observado por Palacios et al. (1998) que evidenciaram que o Ni é absorvido pelas plantas na forma de Ni^{+2} e que a elevação dos teores em que a planta é exposta pode resultar em uma redução significativa na absorção de outros cátions bivalentes dentre eles o Mn e Zn. Outros estudos como os desenvolvidos por Khalid & Tinsley (1980) e Yang et al. (1996a) evidenciam este efeito inibidor de Ni sobre a absorção destes cátions, sendo observado em *Trifolium repens* uma redução na absorção de Zn em relação ao controle de 80% com a aplicação de $60 \mu\text{mol L}^{-1}$ Ni.

Com relação ao Zn, observa-se que o acúmulo total (Figura 2A) foi reduzido, entretanto observa-se que o aumento da dose levou uma redistribuição diferenciada, mostrando uma tendência de maior acúmulo na parte aérea até a terceira dose, a partir da qual passa a acumular mais nos grãos (Figura 3A), evidenciando, neste caso, um efeito de



concentração de zinco. Paiva et al. (2003) em experimento com mudas de ipê-roxo submetidas a doses de Ni em solução nutritiva, mostram que o teor de zinco aumentou linearmente na matéria seca do caule com o aumento das doses de Ni, apesar da redução no teor radicular.

Entretanto deve-se atentar também para a qualidade da produção, e conforme observado nas **figuras 2C e 2D**, a elevação nas doses de Ni levam a uma redução na acumulação tanto de Zn quanto de Mn nos grãos, o que compromete a qualidade dos mesmos para a alimentação humana.

De qualquer forma, a acumulação de Mn nos grãos (**Figura 2D**) reduziu em mais de 95% em relação ao controle e este fato deve ser observado com mais critério, pois o Mn é um elemento essencial à nutrição humana, atuando como constituinte e ativador de diversas enzimas que participam do metabolismo dos carboidratos, aminoácidos e colesterol além de estar associado a formação da cartilagem e ossos, assim a deficiência de manganês em humanos pode afetar o crescimento, sistema ósseo e funções reprodutivas. Já o Zn este tem ligação com aproximadamente de 100 enzimas estando relacionado ao crescimento, na resposta imune do organismo, na função neurológica e reprodução e sua deficiência leva ao atraso da maturidade sexual, afeta o crescimento e sistema autoimune (Brasil, 2008).

Observa-se que grande parte do Mn encontra-se na parte aérea e que apenas uma pequena fração encontra-se nas raízes e grãos, e com a elevação das doses observa-se que há uma tendência de aumento na acumulação de raiz e de redução na acumulação de Mn nos grãos (**Figura 3B**). Na verdade, no caso do manganês, este menor acúmulo nos grãos é, na maioria dos casos esperado, uma vez que grande parte do Mn absorvido fica na parte vegetativa (Marschner, 1995) sendo pouco translocado para os grãos. Mas o comprometimento da parte vegetativa pelas doses de níquel deve ser considerado.

CONCLUSÕES

A nutrição com Ni deve ser realizada com critérios, uma vez que este elemento pode afetar a absorção e transporte de Zn e Mn e, conseqüentemente levar a uma redução na acumulação destes nutrientes nos grãos de arroz, reduzindo o fornecimento ao homem.

AGRADECIMENTOS

CAPES, CNPq e FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

BARBOSA FILHO, M.P.; DYNIA, J.F.; FAGERIA, N.K. Zinco e ferro na cultura do arroz. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 71p. Documentos, 49.

BARBOSA FILHO, M.P., FAGERIA, N.K., FONSECA, J.R. Tratamento de sementes de arroz com micronutrientes sobre o rendimento e qualidade de grãos. *Pesq Agropec Bras*, v.18, n.3, p.219-222, 1983.

BRASIL, F. I. Dossiê: os minerais na alimentação. *Food Ingredients Brasil*, n. 4, p. 48-65, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG. UFLA, 2010.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 347p., 1950.

JUNG, K.; AN, G.; RONALD, P. C. Towards a better bowl of rice: assigning function to tens of thousands of rice genes. *Nature Reviews Genetics*, v. 09, p. 91-101, 2008.

Khalid, B. Y.; Tinsley, J. Some effects of nickel toxicity on ryegrass *Plant Soil*, 55 (1980), pp. 139-148.

LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica. São Paulo: Anda, 1999. (Boletim técnico, 8).

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. San Diego : Academic, 1995. 902p.

PAIVA, H. N. Influência de doses crescentes de chumbo sobre o teor e o conteúdo de nutrientes e Pb em mudas de ipê-roxo. *Sociedade de Investigações Florestais*. Universidade Federal de Viçosa. v.27, n.2, p.151-158, 2003.

PALACIOS, G. et al. Effect of nickel concentration on tomato plant nutrition and dry matter yield. *J. Plant Nutrition*, v. 21, n. 10, p. 2179-2191, 1998.

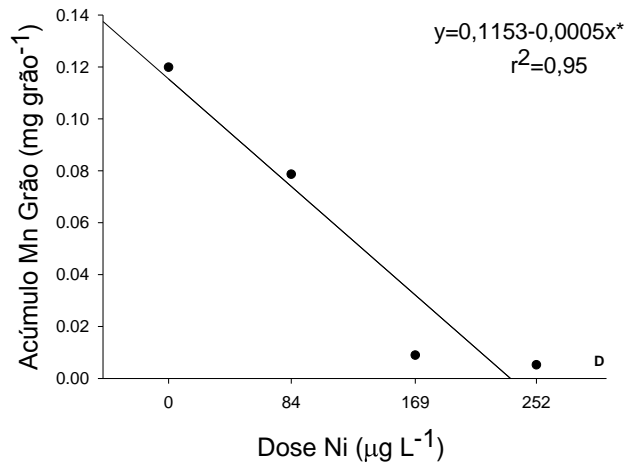
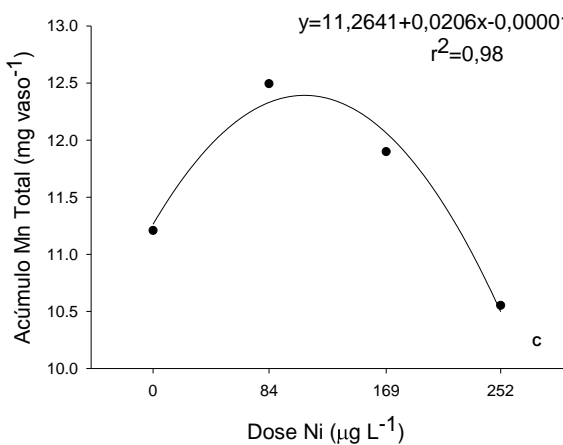
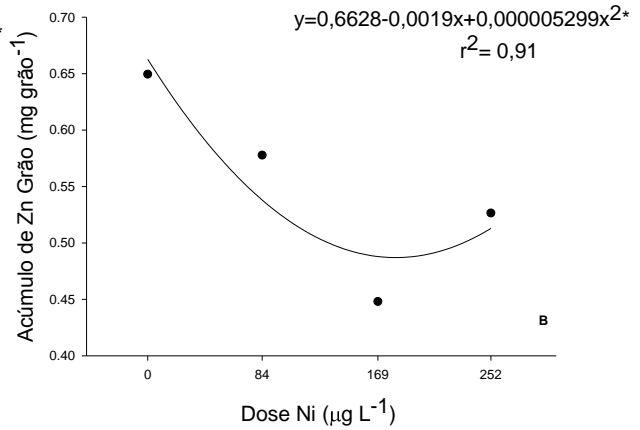
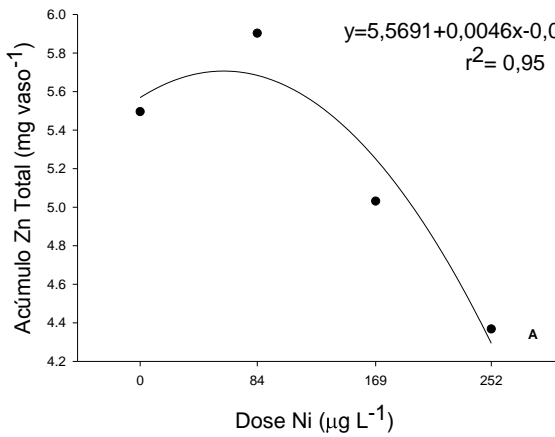
PRADO, R. D. M.; NATALE, W.; MOURA, M. DE C. Fontes de zinco aplicado via sementes na nutrição e crescimento inicial de milho cv. FORT. *Biosci. J*, v. 23, n. 2, p. 16-24, 2007.

SEREGIN, I. V.; KOZHEVNIKOVA, A. D. Physiological role of nickel and its toxic effects on higher plants. *Russ J Plant Physiol*, v. 53, n. 2, p. 257-277, 2006.

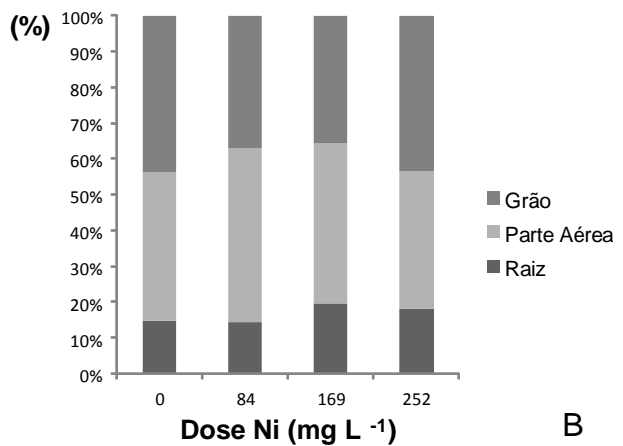
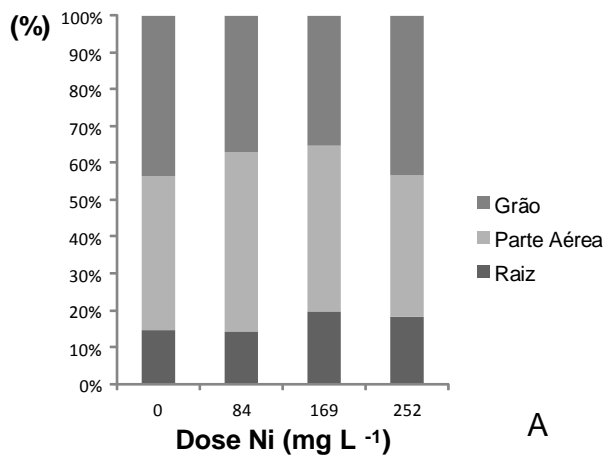
UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Method 3051A: Microwave assisted acid

digestion of sediments, sludges, soils and oils. In: SW-846: test methods for evaluating solid waste, physical/chemical methods. Washington: Environmental Protection Agency, p. 1-20, 1998.

YANG, X. et al. Plant tolerance to nickel toxicity: II. Nickel effects on influx and transport of mineral nutrients in four plant species. Journal of Plant Nutrition, v. 19, n. 2, p. 265-279, 1996.



Figuras 2A, 2B, 2C e 2D - Acúmulo total (parte aérea + raiz + grãos) de Zn (A) e Mn (B) e acúmulo no grão de Zn (C) e Mn (D) em plantas de arroz submetidas a doses de níquel.* Significativo a 5%



Figuras 3A e 3B - Porcentagem acumulada de Zn (A) e Mn (B) nas diferentes partes de plantas de arroz submetidas a doses de Ni.