

## Notas Científicas

### Resposta do arroz em casa de vegetação a fontes de micronutrientes de diferentes granulometria e solubilidade

Milton Ferreira de Moraes<sup>(1)</sup>, Mauro Guida dos Santos<sup>(2)</sup>, Oscar Darío Bermúdez-Zambrano<sup>(3)</sup>, Marcelo Malavolta<sup>(4)</sup>, Roberto Wagner Cavalcanti Raposo<sup>(5)</sup>, Cleusa Pereira Cabral<sup>(4)</sup> e Eurípedes Malavolta<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Agronômico, CPD de Solos e Recursos Ambientais, Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas, SP. E-mail: moraesmf@yahoo.com.br

<sup>(2)</sup>Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Caixa Postal 9, CEP 13400-970 Piracicaba, SP. E-mail: mgsantos@esalq.usp.br

<sup>(3)</sup>Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Caixa Postal 14490, Bogotá, DC. E-mail: ozambra40@yahoo.com

<sup>(4)</sup>Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Caixa Postal 96, CEP 13400-970 Piracicaba, SP. E-mail: m\_malavolta@hotmail.com, cpcabral@cena.usp.br, mala@cena.usp.br

<sup>(5)</sup>Universidade Federal da Paraíba, Dep. de Solos e Engenharia Rural, Campus Universitário III, CEP 58397-000 Areia, PB. E-mail: rwcraposo@cca.ufpb.br

**Resumo** – A granulometria e a solubilidade do fertilizante podem resultar em maior ou menor efeito da adubação. O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito de um produto comercial granulado e moído de micronutrientes, com uma mistura de igual composição feita com materiais pró-análise. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, utilizando três produtos com micronutrientes e quatro doses de cada mistura (0, 14, 28 e 56 mg dm<sup>-3</sup>), com quatro repetições. A maior produção de grãos é obtida com a aplicação do produto comercial em pó. A melhor correlação entre os materiais e teor na planta ocorre em razão do zinco.

**Termos para indexação:** *Oryza sativa*, boro, cobre, manganês, zinco, arroz de sequeiro.

### Response of greenhouse grown rice plant to sources of micronutrients with different granulometry and solubility

**Abstract** – Both granulometry and solubility could affect the response of a crop to fertilizer application. The objective of this work was to compare the effect of a commercial source of micronutrients, in granular and powder form, with a mixture of pro analyse products. A completely randomized design, with three products, four replicates and four rates (0, 14, 28 and 56 mg dm<sup>-3</sup> of soil) were used. The highest grain yield was due to the commercial product in powder form. Positive correlation was found between plant Zn and its content in the products.

**Index terms:** *Oryza sativa*, boron, copper, manganese, zinc, upland rice.

O Brasil é o maior produtor mundial de arroz de sequeiro, com média de 2.537 kg ha<sup>-1</sup> (Anuário..., 1998) de produtividade, superior à média mundial de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> em condições similares. Este tipo de cultivo se caracteriza por utilizar suprimento hídrico dependente de chuvas, desenvolver-se em solos de baixa fertilidade e pelo baixo custo de produção.

Deficiências de B e Zn são as mais comuns nas culturas brasileiras (Malavolta et al., 1997). Nas culturas anuais, a forma mais utilizada para prevenir ou corrigir a deficiência desses nutrientes é a adubação no sulco ou em cova, e os micronutrientes incorporados aos macronutrientes da formulação de plantio (Lopes, 1999).

De acordo com a legislação brasileira, ao se fazer a análise de micronutrientes isolados ou em formulação, o produto é moído, caso não esteja na forma de pó, sendo

feita a determinação do teor total depois da extração por ácidos fortes e calor (Brasil, 1988).

A solubilidade e forma física (pó ou grânulo) das diversas fontes de micronutrientes e as condições de solo podem interagir de modo a resultar em maior ou menor efeito da adubação na correção de deficiências nutricionais. A eficiência agrônômica de uma fonte pode ser definida como sua capacidade de corrigir deficiências ou aumentar a absorção dos nutrientes pelas plantas. A capacidade de uma fonte considerada padrão depende não só da própria fonte, mas também do método de aplicação e, quando aplicada no solo, de certas características do solo (Volkweiss, 1991).

O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito de um produto comercial granulado e moído de micronutrientes com uma mistura de igual composição feita com materiais pró-análise.

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (Cena-USP), em Piracicaba, SP, entre dezembro de 2002 e maio de 2003.

Foi utilizado um Latossolo Vermelho-Amarelo ácido com textura média. Os resultados das análises químicas (0-0,2 m) foram os seguintes: pH (CaCl<sub>2</sub>), 3,9; matéria orgânica, 23 g dm<sup>-3</sup>; P (resina), 4 mg dm<sup>-3</sup>; S-SO<sub>4</sub> (fosfato + ácido acético), 25 mg dm<sup>-3</sup>; K, 0,9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca, 7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg, 3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al, 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al, 97 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; B (água quente), 0,19 mg dm<sup>-3</sup>; Cu (DTPA), 0,8 mg dm<sup>-3</sup>; Fe (DTPA), 104 mg dm<sup>-3</sup>; Mn (DTPA), 3,4 mg dm<sup>-3</sup>; Zn (DTPA), 0,9 mg dm<sup>-3</sup> (Raij et al., 2001). O solo secado foi misturado com CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> (p.a.), em partes iguais, para elevar a saturação por bases a 50%. O período de incubação foi de 30 dias, durante o qual a umidade do solo foi mantida em 70% da capacidade de retenção de água. Os vasos de barro providos de coletor e impermeabilizados internamente receberam 3 dm<sup>-3</sup> do solo, secado e passado por peneira de 2 mm.

Cada vaso recebeu 150 mg dm<sup>-3</sup> de N e K fracionados em duas aplicações (1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura), usando como fontes de N o NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub> e uréia; as fontes de K foram o KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. O P foi aplicado na semeadura na forma de Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, na dose de 200 mg dm<sup>-3</sup>.

As formas de micronutrientes utilizadas foram: 1) mistura comercial de micronutrientes, na forma de grânulos de 2-3 mm de diâmetro; 2) a mesma mistura comercial em pó, obtida por moagem dos grânulos em almofariz de porcelana de modo a passar por peneira com abertura de malha de 0,84 mm (ABNT N<sup>o</sup> 20); 3) mistura na forma de pó, de composição química idêntica às anteriores, obtida pela mistura de reagentes analíticos pró-análise (Tabela 1).

A fonte de micronutrientes granulada foi aplicada de maneira localizada; metade do volume da terra foi co-

locada nos vasos e sobre ele foram depositados os grânulos da formulação comercial e, em seguida, colocouse a outra metade do volume de terra. A mistura comercial em pó e a mistura constituída de produtos pró-análise foram incorporadas ao volume total de terra de cada vaso.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, utilizando três produtos com micronutrientes e quatro doses de cada mistura (0, 14, 28 e 56 mg dm<sup>-3</sup>), com quatro repetições.

Utilizou-se a cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) IAC-165. As plantas, cinco em cada vaso, foram irrigadas com água deionizada durante todo o período de cultivo, procurando-se manter o solo com cerca de 70% da capacidade máxima de retenção de água. Quatro meses após a germinação (final do ciclo), as plantas foram colhidas, separando-se colmos + folhas (parte aérea) e grãos. Após secadas a 70°C, até peso constante, as plantas foram pesadas, moídas e analisadas quanto aos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn (Malavolta et al., 1997). Foi coletada uma amostra de solo de cada vaso, no período de perfilhamento pleno, na qual determinaram-se os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelos extratores Mehlich-1 (Embrapa, 1997) e DTPA (Raij et al., 2001). Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial.

A maior produção de grãos foi obtida com a aplicação do produto comercial em pó (23,22 g vaso<sup>-1</sup>), seguido do produto pró-análise (22,18 g vaso<sup>-1</sup>) e do granulado (16,71 g vaso<sup>-1</sup>). O produto comercial moído proporcionou a maior resposta, com produção 39% superior ao granulado. Comparado com a formulação pró-análise, a produção de grãos não diferiu, porém, a dose do produto em pó (20,34 mg dm<sup>-3</sup>) requerida para atingir 90% da produção máxima foi 68% inferior (Figura 1). A testemunha foi significativamente menor, com produção estimada de grãos 24%, 65% e 73% inferior à obtida com o produto granulado, com a mistura pró-análise e pó, respectivamente.

**Tabela 1.** Composição e solubilidade das misturas granulada e física de fontes pró-análise de micronutrientes.

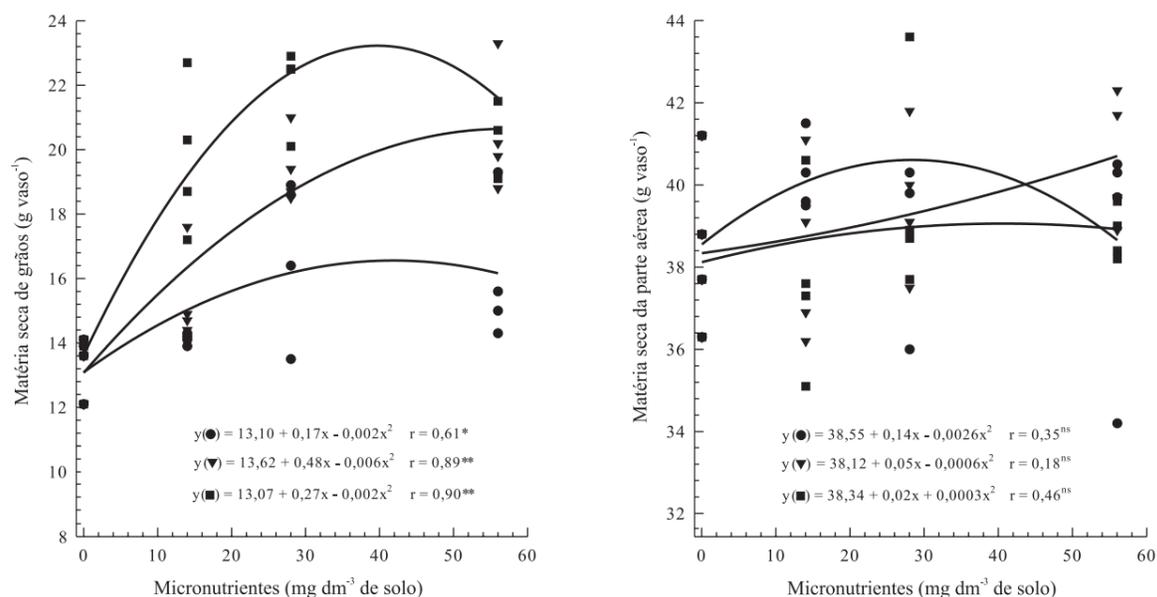
Elemento	Produtos pró-análise			Teor na mistura granulada		
	Fonte	Teor total do elemento (%)	Mistura (g/100 g)	Solúvel em ácido cítrico 2% (%)	Solúvel em água (%)	Total solúvel (%)
Boro	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	17,5	11,6	1,49	1,47	2,03
Cobre	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	25,0	6,6	0,44	0,00	1,64
Manganês	MnSO <sub>4</sub> .4H <sub>2</sub> O	27,0	28,3	1,35	0,00	7,65
Zinco	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	36,0	31,2	8,56	0,13	11,25

Quanto à massa de matéria seca da parte aérea (folhas + colmos), os três produtos foram estatisticamente iguais (Figura 1). Comparando-se a testemunha com as produções máximas estimadas do tratamento granulado e em pó, estes foram respectivamente, 5% e 2% superiores. Devido à resposta linear à aplicação do formulado pró-análise, não foi possível estimar a produção máxima neste tratamento.

A aplicação da formulação comercial em pó e da formulação pró-análise, que foram homogeneizadas com o solo, proporcionou maior massa de matéria seca de grãos do que a formulação granulada, devido ao menor tamanho das partículas tanto do produto em pó quanto do produto pró-análise, aumentando a superfície específica e, conseqüentemente, a disponibilidade de micronutrientes para a planta. Lopes et al. (2001) relatam que em experimentos com fertilizantes contendo micronutrientes, os produtos granulados podem ser menos eficientes em relação aos produtos em pó. Entretanto, Oliveira et al. (2003) encontraram respostas diferenciadas quanto à aplicação de formulados na forma física de granulado e pó; os autores atribuíram este comportamento à diferença na eficiência de utilização de nutrientes pelas cultivares. Diferenças varietais quanto à eficiência de utilização de zinco entre dez cultivares de arroz foram observadas por Fageria (2001).

A aplicação dos produtos alterou os teores de micronutrientes no solo, apresentando diferenças significativas em relação ao Zn extraído por Mehlich-1 ( $P < 0,01$ ) e Mn e Cu pelo extrator DTPA. Os teores extraídos por DTPA foram: Cu,  $0,7-1,75 \text{ mg dm}^{-3}$  (médio a alto) e Mn,  $1,00-2,00 \text{ mg dm}^{-3}$  (médio), conforme Rajj et al. (1996). A extração pelo Mehlich-1 apresentou teores de Zn de  $0,14-3,01 \text{ mg dm}^{-3}$  (médio), segundo Malavolta et al. (1997). Houve correlação significativa entre os extratores Mehlich-1 e DTPA em relação ao Cu ( $r = 0,48^*$ ).

Os teores foliares diferiram ( $P < 0,01$ ) somente em relação aos nutrientes Fe, Mn e Zn. Houve alta correlação entre teor de Zn e doses de formulados ( $r = 0,86^{**}$ ), teor de Zn nos grãos ( $r = 0,73^*$ ) e conteúdo de Zn nos grãos ( $r = 0,69^*$ ). Tais correlações parecem confirmar que o Zn é o micronutriente ao qual a cultura do arroz mais responde, como comprovado por Galvão et al. (1978). Os teores foliares de Zn ( $16-42 \text{ mg kg}^{-1}$ ) situam-se dentro das faixas, entretanto, os teores de Fe ( $31-58 \text{ mg kg}^{-1}$ ) situaram-se abaixo das faixas estabelecidas por Fageria et al. (1995), Rajj et al. (1996) e Malavolta et al. (1997). Os baixos teores de Fe foliar possivelmente são conseqüência das altas concentrações de Mn ( $148-453 \text{ mg kg}^{-1}$ ).



**Figura 1.** Produção de matéria seca de grãos e parte aérea de arroz em razão das doses do formulado comercial nas formas de grânulos (●), e pó (▼) e do produto pró-análise na forma de pó (■). <sup>ns</sup>Não-significativo. \*, \*\* e \*\*\*Significativo a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Oliveira (2003), estudando a solubilidade e a disponibilidade de micronutrientes em fertilizantes comerciais, também encontrou altos teores foliares de Mn e baixos de Fe, para o mesmo solo e cultivar analisados neste estudo.

O conteúdo de micronutrientes acumulados na parte aérea e grãos aumentou conforme a dose de produto aplicada, à exceção do Mn no grão cujo conteúdo foi reduzido à medida que as doses foram aumentadas. O Zn foi o nutriente cuja dose mais se correlacionou com o conteúdo, tanto na parte aérea como nos grãos.

O produto comercial e a mistura pró-análise, quando aplicados na forma física em pó, proporcionaram produtividades de grãos de arroz semelhantes, porém superiores às proporcionadas pela formulação granulada e pela testemunha. O Zn foi o micronutriente que apresentou maior correlação entre doses de produto e produtividade de grãos de arroz.

### Referências

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v.58, p.1-1, 8-29, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília, 1988. 104p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1997. 212p.
- FAGERIA, N.K. Screening method of lowland rice genotypes for zinc uptake efficiency. *Scientia Agricola*, v.58, p.623-626, 2001.
- FAGERIA, N.K.; FERREIRA, E.; PRABHU, A.S.; BARBOSA FILHO, M.P.; FILIPPI, M.C. **Seja o doutor de seu arroz**. Piracicaba: Potafos, 1995. 20p. (Arquivo do Agrônomo, 9).
- GALRÃO, E.Z.; SUHET, A.R.; SOUSA, D.M.G. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.2, p.129-132, 1978.
- LOPES, A.S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999. 70p. (Boletim Técnico, 8).
- LOPES, A.S.; SOUZA, E.C.A. Filosofias e eficiência de aplicação. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq; Fapesp; Potafos, 2001. p.255-282.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- OLIVEIRA, S.C. **Solubilidade e disponibilidade de micronutrientes e metais pesados tóxicos em fertilizantes comercializados no Brasil**. 2003. 156p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- OLIVEIRA, S.C.; COSTA, M.C.G.; CHAGAS, R.C.S.; FENILLI, T.A.B.; HEINRICH, R.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Resposta de duas cultivares de arroz a doses de zinco aplicado como oxissulfato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.387-396, 2003.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 300p.
- VOLKWEISS, S.J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (Ed.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos, 1991. p.391-412, 734.

Recebido em 26 de agosto de 2003 e aprovado em 24 de março de 2004