

Eficiência de Uso de Zinco em Arroz Irrigado

Nand Kumar Fageria⁽¹⁾ & Alberto Baêta dos Santos⁽²⁾

⁽¹⁾Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000, fageria@cnpaf.embrapa.br; ⁽²⁾Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, baeta@cnpaf.embrapa.br

RESUMO - O manejo apropriado da fertilidade do solo é uma prática importante para a conservação e sustentabilidade da produtividade das culturas. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de doses de zinco na eficiência de uso pela cultivar BRS Jaburu de arroz irrigado. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, empregando as doses de zinco de 0, 5, 10, 20, 40, 80 e 120 mg kg⁻¹ de solo. O delineamento experimental foi o de bloco inteiramente casualizado, com três repetições. O teor e acumulação de Zn foram maiores na parte aérea do que nos grãos. O teor médio de Zn foi de 91,71 e 39,33 mg kg⁻¹, enquanto que a acumulação média foi de 8,44 e 1,45 na parte aérea e nos grãos, respectivamente. O teor e a acumulação de Zn na parte aérea e nos grãos aumentaram com as dose de Zn no solo. Em geral, a eficiência de uso de Zn diminui com o aumento da dose de Zn no solo. Em média, a eficiência de recuperação de Zn em solo de várzea foi em torno de 6%.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, micronutriente, acumulação.

INTRODUÇÃO - O manejo apropriado da fertilidade do solo é uma prática importante para a conservação e sustentabilidade da produtividade das culturas. O arroz é uma cultura que apresenta grande capacidade de se adaptar a diferentes condições de solo e clima. São considerados dois grandes ecossistemas para a cultura, que são o de várzeas e o de terras altas, englobando todos os sistemas de cultivo de arroz no país, sendo os principais o irrigado por inundação e o de sequeiro (Guimarães et al., 2006). A disponibilidade de nutrientes é maior no sistema de cultivo de arroz irrigado que no de terras altas, devido às condições reduzidas do solo. A importância dos micronutrientes para a produção das culturas tem aumentado nos últimos anos devido aos cultivos intensivos, uso de cultivares com maior potencial produtivo, aplicação de calcário em solos ácidos, uso de fertilizantes com menores concentrações de micronutrientes e decréscimo do emprego de adubos orgânicos (Fageria et al., 2002). A deficiência de zinco (Zn) não só diminui a produtividade, como a qualidade dos grãos (Cakmak et al., 1998). A deficiência pode estar relacionada

com o baixo teor natural de Zn no solo, aumento do pH dos solos ácidos de várzea com a inundação, solos arenosos, falta de aeração em solos irrigados por inundação, remoção da camada superficial do solo onde se encontra o Zn acumulado, pelo movimento de terra na sistematização do terreno, baixo teor de matéria orgânica e maior necessidade de nutrientes das cultivares modernas, devido ao maior potencial de produtividade (Fageria et al., 2003). A deficiência de Zn em arroz tem sido relatada em várzeas no Brasil (Fageria et al., 2002; Fageria & Stone; 2008), na Índia (Mandal et al., 2000; Qadar, 2002) e nas Filipinas (De Datta, 1981). O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de doses de Zn na absorção e na eficiência de uso de Zn pelo arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS - O estudo foi conduzido em casa de vegetação, na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, num Gleissolo Háptico Ta distrófico de várzea com os seguintes atributos químicos antes de aplicação de tratamentos de zinco: pH 4,3, Ca 0,54 cmol_c kg⁻¹, Mg 0,14 cmol_c kg⁻¹, Al 2,0 cmol_c kg⁻¹, P 5,3 mg kg⁻¹, K 69 mg kg⁻¹, Cu 0,6 mg kg⁻¹, Zn 1,4 mg kg⁻¹, Fe 52 mg kg⁻¹, Mn 6 mg kg⁻¹ e matéria orgânica 21 g kg⁻¹. As doses de zinco utilizadas foram 0, 5, 10, 20, 40, 80 e 120 mg kg⁻¹ de solo. O experimento foi conduzido em vasos plásticos com 4 kg de solo em cada. Foi feita a aplicação de 10 g de calcário dolomítico em cada vaso, quatro semanas antes da semeadura do arroz. Cada vaso recebeu 900 mg de N como uréia, 786 mg de P como superfosfato triplo e 750 mg de K como cloreto de potássio por ocasião da semeadura. Foram aplicados em cada vaso em cobertura 400 mg de N como sulfato de amônio 43 dias após a semeadura e 450 mg como uréia 20 dias após. O delineamento experimental foi o de bloco inteiramente casualizado, com três repetições. Dezoito dias após a semeadura, os vasos foram inundados com uma lâmina de água ao redor de 2 cm e a drenagem ocorreu cinco dias antes da colheita. Após emergência da cultivar BRS Jaburu de arroz irrigado fez-se o desbaste e foram mantidas quatro plantas por vaso, as quais foram colhidas na maturação fisiológica. As plantas foram lavadas com água destilada e separadas em parte aérea e grãos e secas em estufa com circulação forçada de ar a cerca de 70°C até atingir massa constante. A seguir, foi

determinada a massa da matéria seca da parte aérea e de grãos. O material foi moído e digerido em mistura de ácidos nítrico e perclórico (2:1). O teor de Zn na parte aérea e nos grãos foi determinado com absorção atômica. A eficiência agrônômica (EA), eficiência fisiológica (EF), eficiência agrofisiológica (EAF), eficiência de recuperação (ER) e eficiência de utilização (EU) de Zn foram calculadas pelas seguintes equações (Fageria, 2009):

EA ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$) = (Produtividade de grãos com Zn - Produtividade de grãos sem Zn) / Quantidade de Zn aplicado.

EF ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$) = (Produtividade de grãos e da parte aérea com Zn - Produtividade de grãos e da parte aérea sem Zn) / (Acumulação de Zn na planta com Zn - Acumulação de Zn na planta sem Zn).

EAF ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$) = (Produtividade de grãos com Zn - Produtividade de grãos sem Zn) / (Acumulação de Zn na planta com Zn - Acumulação de Zn na planta sem Zn).

ER (%) = (Acumulação de Zn na parte aérea e nos grãos com Zn - Acumulação de Zn na parte aérea e grãos sem Zn) / Quantidade de Zn aplicado.

EU ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$) = EF X ER.

Os valores das eficiências foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - O teor e a acumulação de Zn na parte aérea e a acumulação de Zn nos grãos foram significativamente influenciados pela aplicação de Zn no solo na faixa de 0 a 120 mg kg^{-1} de solo (Tabela 1). O teor e acumulação de Zn na parte aérea tiveram respostas lineares, indicando que cada unidade de aumento da dose (mg de Zn kg^{-1} de solo) corresponde a um aumento de 1,078 e 0,103 mg kg^{-1} de Zn, respectivamente. Nos grãos, a acumulação de Zn teve resposta quadrática com o aumento de Zn no solo, estimando-se o valor máximo com a dose de 88 mg Zn kg^{-1} de solo. O teor e acumulação de Zn foram maiores na parte aérea do que nos grãos, o que está de acordo com Fageria et al. (1997) e Fageria (2009) que relatam maiores valores desse micronutriente na parte aérea do arroz irrigado. O teor médio de Zn foi de 91,71 e 39,33 mg kg^{-1} , enquanto que a acumulação média foi de 8,44 e 1,45 na parte aérea e nos grãos, respectivamente. Na média, a exportação de Zn para os grãos foi cerca de 15% da acumulação total de Zn pelas plantas. Fageria et al. (1997) e De Datta e Mikkelsen (1985) relataram quantidades similares de Zn exportado pelos grãos de arroz irrigado.

Tabela 1. Teor e acumulação de Zn na parte aérea e nos grãos de arroz irrigado influenciados pelas doses de zinco.

Dose de Zn (mg kg^{-1})	Parte aérea		Grãos	
	Teor (mg kg^{-1})	Acumulação (mg vaso^{-1})	Teor (mg kg^{-1})	Acumulação (mg vaso^{-1})
0	53,00	4,02	40,67	0,88
5	72,00	6,78	37,33	1,42
10	67,00	6,16	38,00	1,49
20	71,00	6,82	38,33	1,60
40	75,33	7,33	37,00	1,45
80	90,33	7,99	38,67	1,55
120	213,33	20,01	45,33	1,77
Teste-F	**	**	ns	**
CV(%)	8	8	11	12

Análise de regressão

Dose vs teor de Zn na parte aérea	$y = 49,3590 + 1,0781x$, $r^2 = 0,78^{**}$
Dose vs acumulação de Zn na parte aérea	$y = 4,4147 + 0,1026x$, $r^2 = 0,77^{**}$
Dose vs acumulação de Zn nos grãos	$y = 1,249 + 0,0088x - 0,00005x^2$, $R^2 = 0,53^{**}$

** , ns Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

As eficiências de uso de zinco na planta de arroz irrigado, definidas como eficiência agrônômica (EA), eficiência fisiológica (EF), eficiência agrofisiológica (EAF), eficiência de recuperação (ER) e eficiência de utilização (EU), foram significativamente influenciadas pelas doses de Zn no solo e ajustaram-se ao modelo quadrático (Tabela 2); 84, 8, 78 e 84 mg kg^{-1} de Zn foram as doses estimadas pelas equações de regressão para a obtenção dos menores valores de EA, EF, ER e EU. A EAF apresentou resposta quadrática com o aumento de Zn no solo e 5 mg kg^{-1} de Zn foi a dose estimada para a obtenção da máxima eficiência. A eficiência de recuperação (ER) de Zn variou de 1,45 a 16,49, com valor médio de 5,86. Mortvedt (1994) relatou que a eficiência de recuperação de micronutrientes é na faixa de 5% a 10%, em comparação com a ER de macronutrientes que é na faixa de 10% a 50%.

Tabela 2. Influência de doses de Zn na sua eficiência de uso pelo arroz irrigado.

Dose de Zn (mg kg^{-1})	EA ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$)	EF ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$)	EEF ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$)	ER (%)	EU ($\mu\text{g } \mu\text{g}^{-1}$)
5	815	10326	4881	16.49	1742
10	450	12756	6457	6.86	867
20	266	13072	6440	4.41	535
40	109	10276	4519	2.42	245
80	58	6739	3985	1.45	98
120	36	2106	1033	3.51	74
Média	289	9213	4553	5.86	594
F-Test	**	*	**	**	**

Análise de regressão

Dose de Zn vs EA	$y = 718,92 - 18,618x + 0,1108x^2$	$R^2 = 0,83^{**}$
Dose de Zn vs EF	$y = 12043 - 9,3757x - 0,6283x^2$	$R^2 = 0,93^{**}$
Dose de Zn vs EAF	$y = 5747,7410 + 3,2684x - 0,3521x^2$	$R^2 = 0,87^{**}$
Dose de Zn vs ER	$y = 13,5651 - 0,3752x + 0,0024x^2$	$R^2 = 0,66^{**}$
Dose de Zn vs EU	$y = 1491,8 - 39,022x + 0,2329x^2$	$R^2 = 0,84^{**}$

* , ** , Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

A baixa recuperação de micronutrientes está relacionada com a não uniformidade de distribuição no solo, reação dos micronutrientes no solo que diminui sua disponibilidade para as plantas e a baixa mobilidade no solo (FAGERIA et al., 2008; FAGERIA, 2009).

CONCLUSÕES

1. O teor e a acumulação de Zn na parte aérea e nos grãos aumentaram com as doses de Zn no solo.
2. O teor e a acumulação de Zn foram maiores na parte aérea que nos grãos.
3. Em geral, a eficiência de uso de Zn diminuiu com o aumento da dose de Zn no solo. Em média, a eficiência de recuperação de Zn em solo de várzea foi em torno de 6% do Zn aplicado.

REFERÊNCIAS

- CAKMAK, I.; TORUM, B.; ERENOGLU, B.; OZTURK, L.; MARSCHNER, H.; KALAYCI, M.; EKIZ, K. & YILMAZ, A. Morphological and physiological differences in the response of cereals to zinc deficiency. *Euphytica*, 100:349-357, 1998.
- DE DATTA, S.K. Principles and practices of rice production. New York, John Wiley, 1981. 618p.
- DE DATTA, S.K. & MIKKELSEN, D.S. Potassium nutrition of rice. In: MUNSON, R.D., ed. Potassium in agriculture. Madison, ASA, 1985. p.665-699.
- FAGERIA N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. & SANTOS A.B. dos. Growth and zinc uptake and use efficiency in food crops. *Commun. Soil Sci. Plan.*, 39:2258-2269, 2008.
- FAGERIA, N.K. The use of nutrients in crop plants. Boca Raton, CRC Press, 2009. 430p.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. & CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. *Adv. Agro.*, 77:189-272, 2002.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. & JONES, C.A. Growth and mineral nutrition of field crops. 2.ed. New York, Marcel Dekker, 1997. 624p.
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B. dos & STONE, L.F. Manejo do zinco. In: FAGERIA, N.K.; STONE L.F. & SANTOS, A.B. dos. Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.167-186.
- FAGERIA, N.K. & STONE, L.F. Micronutrient deficiency problems in South America. In: ALLOWAY, B.J., ed. Micronutrient deficiencies in global production. New York, Springer, 2008. p.247-268.
- GUIMARÃES, C.M.; SANTOS, A.B. dos; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de & STONE, L.F. Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A.B. dos; STONE, L.F. & VIEIRA, N.R. de A. A cultura do arroz no Brasil. 2.ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p.53-96.
- MANDAL, B.; HASRA, G.C. & MANDAL, L.N. Soil management influences on zinc desorption for rice and maize nutrition. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:1699-1705, 2000.
- MORTVEDT, J.J. Needs for controlled availability of micronutrient fertilizers. *Fert. Res.*, 38:213-221, 1994.
- QADAR, A. Selecting rice genotypes tolerant to zinc deficiency and sodicity stresses. I. Differences in zinc, iron, manganese, copper, phosphorus concentrations, and phosphorus/zinc ratio in their leaves. *J. Plant Nutr.*, 50:1264-1269, 2002.