

## BIOFORTIFICAÇÃO COM ZINCO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS AGRONOMIC BIOFORTIFICATION OF UPLAND RICE WITH ZINC

Steve Jasson Fernandes Alves<sup>1</sup>, João Augusto Lopes Pascoalino<sup>2</sup>, Milton Ferreira Moraes<sup>3</sup>, Jose Luiz Viana de Carvalho<sup>4</sup>, Pericles de Carvalho Ferreira Neves<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Estudante Pós-Graduação, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, Curitiba, PR CEP: 80035-050, Brasil, e-mails: stevejasson@gmail.com; joaumpascoalino@hotmail.com

<sup>3</sup>Professor, Universidade Federal do Mato Grosso, Av. Valdon Varjão, 6390, Barra do Garças, MT CEP 78600-000, Brasil, e-mail: moraesmf@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Pesquisador, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Avenida das Américas, 29501, Guaratiba, Rio de Janeiro, RJ CEP 23020-470, Brasil, e-mail: jose.viana@embrapa.br

<sup>4</sup>Pesquisador, Embrapa Arroz e Feijão, Rod. Goiânia Nova Veneza, Km 12, Santo Antônio de Goiás, GO CEP 23020-470, Brasil, e-mail: pericles.neves@embrapa.br

**RESUMO** - O trabalho objetivou avaliar formas de aplicação de Zn e sua relação com a qualidade nutricional dos grãos e aspectos agronômicos em cultivares de arroz de terras altas. Para isso, foi conduzido experimento em dois ambientes: Palotina-PR e Rio Verde-GO, obedecendo delineamento em blocos completos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram obtidos por combinações de formas de aplicação de Zn: (i) sem aplicação de Zn (controle); (ii) aplicação de Zn no solo (Zn-S); (iii) aplicação de Zn na folha (Zn-F) e (iv) aplicação de Zn no solo e na folha (Zn-S+F) e dois genótipos de arroz de terras altas: BRS Sertaneja e ZEBU Ligeiro. A aplicação de Zn proporcionou leve aumento na concentração do nutriente nos grãos. Por outro lado, efeitos mais pronunciados foram observados na produtividade. O cultivar BRS Sertaneja apresentou maior produtividade, já o ZEBU Ligeiro teve maior concentração de nutrientes nos grãos. Entre as variáveis, houve correlação positiva entre concentração de Zn e Fe nos grãos.

**Palavras-chave:** micronutrientes, biofortificação, qualidade de alimentos, fertilizantes.

**ABSTRACT** - The study aimed to evaluate forms of Zn application and its relation with the nutritional quality of grains and agronomic aspects of upland rice cultivars. The experiment was developed in two environments: Palotina-PR and Rio Verde, following a randomized complete block in a factorial 4 x 2, with four replications. Treatments were obtained by combinations of Zinc application forms: (i) without Zn application (control); (ii) Zn soil application (Zn-S); (iii) Foliar Zn application (Zn-F) and (iv) Soil plus foliar application (Zn-S+F) and two genotypes of upland rice: BRS Sertaneja and ZEBU Ligeiro. The application of Zn slightly increased its concentration in grains. On the other hand, more pronounced effect on productivity were observed. The BRS Sertaneja showed higher productivity and ZEBU Ligeiro presented higher concentration of nutrients in the grains. Among the variables, there was a positive correlation between concentration of Zn and Fe in the grain.

**Keywords:** micronutrients, biofortification, food quality, fertilizers.

### INTRODUÇÃO

Em virtude de sua importância alimentar, o arroz (*Oryza sativa* L.) está entre os cereais mais produzidos no mundo, desempenhando papel estratégico tanto no aspecto econômico quanto social, sendo foco de estudos de programas de biofortificação. Segundo Phattarakul et al. (2012), ao avaliar formas de aplicação de nutrientes em arroz, obtiveram aumentos na concentração de minerais, como Zn nos grãos.

No entanto, os teores máximos nos grãos obtidos até o presente momento foram de até 25 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e 6 mg kg<sup>-1</sup> de Fe. Esses valores ainda são inferiores aos teores alvos estabelecidos pelo Programa HarvestPlus, que são de 30 mg kg<sup>-1</sup> de Zn e 8 mg kg<sup>-1</sup> de Fe. Tais resultados podem estar associados a fatores ambientais, adaptações das espécies vegetais e práticas culturais relacionadas à capacidade das plantas em absorver e translocar nutrientes. Deste modo, faz-se importante a realização de novas pesquisas, para melhor compreender tais fatores.

Para isso, o presente trabalho objetivou avaliar formas de aplicação de Zn e sua relação com a qualidade nutricional dos grãos e aspectos agrônômicos em cultivares de arroz de terras altas.

## MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Cooperativa Central de Pesquisa Agrícola (COODETEC), e envolveram o arroz de terras altas a campo em sistema de plantio direto, no ano de 2012 em dois ambientes: Palotina-PR e Rio Verde-GO.

Os solos dos locais de produção (Palotina e Rio Verde) foram caracterizados como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico e LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutroférico, respectivamente. Ambos os solos apresentaram elevados teores de Zn no solo: 3,16 mg dm<sup>-3</sup> em Palotina e 6,49 mg dm<sup>-3</sup> em Rio Verde.

O delineamento experimental foi blocos completos casualizados em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram obtidos por combinações de quatro formas de aplicação de Zn: (i) sem aplicação de Zn (controle); (ii) aplicação de Zn no solo (Zn-S); (iii) aplicação de Zn na folha (Zn-F) e (iv) aplicação de Zn no solo e na folha (Zn-S+F) e dois genótipos de arroz de terras altas: BRS Sertaneja e ZEBU Ligeiro. BRS Sertaneja foi selecionado por ser o cultivar comercial mais plantado nas regiões e ZEBU Ligeiro por apresentar potencial para biofortificação.

A aplicação de Zn no solo foi realizada no plantio, com fornecimento de 250 kg ha<sup>-1</sup> do formulado N(8)-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(30)-K<sub>2</sub>O(20), que continha 4% de Zn (equivalente a 10 kg ha<sup>-1</sup> de Zn) na forma de óxido. Para aplicação de Zn foliar, foi utilizada uma solução com 2% de sulfato de zinco penta hidratado (ZnSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O), em taxa de aplicação de 200 L ha<sup>-1</sup> (equivalente a 910 g ha<sup>-1</sup> de Zn), aplicado no início do enchimento dos grãos.

Ao final do ciclo da cultura, foram realizadas as avaliações de produtividade e qualidade nutricional dos grãos, com quantificação de Zn e Fe por ICP-OES. Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e quando significativos foram comparados por meio do teste de média (Tukey a 5% de probabilidade). Para determinar o grau de associação entre as variáveis foi efetuada correlação linear de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As formas de aplicação de Zn não aumentaram a concentração do nutriente nos grãos de arroz de terras altas dos cultivares, em ambos os ambientes (Tabela 01). Entretanto, com a aplicação do Zn, mesmo não constando diferença significativa, nota-se leve aumento com as aplicações Zn-S, Zn-F e Zn-S+F em relação ao controle. Nesse contexto, as aplicações Zn-F e Zn-S+F foram mais eficientes em relação a aplicação Zn-S, principalmente ao comparar entre as aplicações isoladas (solo versus foliar), na qual a aplicação do Zn no solo é proporcionalmente superior à aplicação via foliar. Esses resultados corroboram os encontrados por Phattarakul et al. (2012).

A aplicação de Zn não influenciou a concentração de Fe nos grãos de arroz de terras altas dos cultivares em ambos os ambientes. Quanto à produtividade, nota-se efeito positivo com as aplicações Zn-S e Zn-S+F no cultivar BRS Sertaneja em Rio Verde (Tabela 01). Apesar dos demais tratamentos não apresentarem diferença significativa na produtividade, ocorreu uma tendência de que o oferecimento de Zn resultasse em maiores rendimentos.

Comparando os cultivares, observa-se que o ZEBU Ligeiro apresentou maior concentração de Zn nos grãos, enquanto BRS Sertaneja teve maior produtividade, em ambos os ambientes (Tabela 01). Esse comportamento permite inferir sobre a existência de variabilidade genética entre os cultivares, bem como associar que cultivares com maior concentração de minerais nos grãos apresentam menor rendimento, o qual pode caracterizar um efeito de diluição.

Correlacionando as variáveis, observa-se correlação significativa entre as concentrações de Zn e Fe, em ambos os ambientes (Tabela 02). Comportamento semelhante foi observado por Morgounov et al. (2007). Esses resultados caracterizam um efeito importante para a biofortificação, uma vez que a adição de Zn proporciona aumento indireto de Fe. Além disso, adubações com Fe têm proporcionado pouco aumento do mesmo em partes comestíveis das plantas.

**Tabela 01** - Valores médios da concentração de Zn e Fe nos grãos e produtividade de cultivares de arroz de terras altas, em função de formas de aplicação de Zn.

Cultivar	Formas aplicação Zn			
	Controle	Zn-S	Zn-F	Zn-S+F
Palotina				
Concentração de Zn nos grãos (mg kg <sup>-1</sup> )				
BRS Sertaneja	32,8 a A	33,9 a A	34,3 a B	39,2 a B
ZEBU Ligeiro	37,2 a A	38,0 a A	43,5 a A	45,3 a A
Concentração de Fe nos grãos (mg kg <sup>-1</sup> )				
BRS Sertaneja	8,9 a A	9,3 a A	7,5 a A	9,4 a A
ZEBU Ligeiro	8,1 a A	8,3 a A	9,2 a A	10,1 a A
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )				
BRS Sertaneja	1316 a A	1769 a A	1460 a A	2134 a A
ZEBU Ligeiro	1230 a A	1326 a B	1383 a A	1481 a B
Rio Verde				
Concentração de Zn nos grãos (mg kg <sup>-1</sup> )				
BRS Sertaneja	18,5 a B	19,8 a A	21,5 a A	19,3 a B
ZEBU Ligeiro	22,3 a A	23,0 a A	24,5 a A	23,3 a A
Concentração de Fe nos grãos (mg kg <sup>-1</sup> )				
BRS Sertaneja	9,8 a A	9,1 a A	9,2 a A	9,1 a A
ZEBU Ligeiro	9,1 a A	8,8 a A	8,7 a A	8,5 a A
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )				
BRS Sertaneja	1465 b A	2181 a A	1720 b A	2301 a A
ZEBU Ligeiro	1334 a A	1588 a A	1417 a A	1885 a B

Valores médios seguidos pela mesma letra minúsculas entre formas de aplicação e maiúsculas entre cultivares não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 02** - Correlação entre as variáveis respostas de arroz de terras altas, em dois ambientes.

Variável	Produtividade	Teor Zn	Teor Fe
Palotina			
Produtividade	1,00		
Teor de Zn	0,04 <sup>ns</sup>	1,00	
Teor de Fe	0,14 <sup>ns</sup>	0,30*	100
Rio Verde			
Produtividade	1,00		
Teor de Zn	-0,19 <sup>ns</sup>	1,00	
Teor de Fe	-0,18 <sup>ns</sup>	0,31*	100

\*\* , \* , <sup>ns</sup>, significativo ao nível de 5% e 10% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

## CONCLUSÃO

A aplicação de Zn proporcionou leve aumento na concentração do nutriente nos grãos. Por outro lado, efeitos foram observados apenas na produtividade em Rio Verde, para a cultivar BRS Sertaneja, para o tratamento de Zn aplicado no solo e nas folhas. A cultivar ZEBU Ligeiro apresentou maior concentração de Zn nos grãos, quando comparada com BRS Sertaneja, no tratamento controle e no tratamento de Zn aplicado no solo e nas folhas. Houve correlação positiva entre concentração de Zn e Fe nos grãos.

**REFERÊNCIAS** MORGONUOV, A.; GÓMEZ-BECERRA, H.F.; ABUGALIEVA, A.; DZHUNUSOVA, M.; YESSIMBEKOVA, M.; MUMINJANOV, H.; ZELENSKIY, Y.; OZTURK, L.; CAKMAK, I. Iron and zinc grain density in common wheat grown in Central Asia. *Euphytica*, Dordrecht, v.155, n.1-2, p.193-203, 2007.  
PHATTARAKUL, N.; RERKASEM, B.; LI, L. J.; WU, L. H.; ZOU, C. Q.; RAM, H.; SOHU, V. S.; KANG, B. S.; SUREK, H.; KALAYCI, YAZICI, M. A.; ZHANG, F. S.; CAKMAK, I. Biofortification of rice grain with zinc through zinc fertilization in different countries. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.361, n.1-2, p.131-141, 2012.