

INFLUÊNCIA DA CALAGEM E DO FÓSFORO NA EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO FOLIAR COM ZINCO EM ARROZ DE TERRAS ALTAS¹

Odilon Peixoto Moraes Júnior², Rodrigo Teles Mendes³,
Lara Cristina Pereira da Silva Pacheco⁴, Adilson Pelá⁵, Gláucia de Mello Pelá⁶

Resumo: Elevar a produtividade do arroz de terras altas por meio do adequado balanço nutricional é uma excelente estratégia para busca da sustentabilidade do sistema produtivo, principalmente em solos com condições limitantes ao cultivo. O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da adubação com zinco via foliar na cultura do arroz de terras altas em solo calcareado para elevação da saturação por base para 60% e com diferentes níveis de fósforo, na produtividade de grãos, nos componentes de rendimento e na intensidade de dano da broca do colmo (*Diatraea saccharalis*). O experimento foi instalado em Latossolo Vermelho distrófico, na Universidade Estadual de Goiás, em Ipameri, GO. O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 2 (90 e 150 kg ha⁻¹ de fósforo no solo) x 5 (0, 1, 2, 3 e 4 número de aplicações de zinco via foliar), com duas testemunhas adicionais (5,0 kg ha⁻¹ de ZnSO₄ no solo com 90 e 150 kg ha⁻¹ de fósforo) e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, sendo que, para o efeito de doses, foram ainda submetidos à análise de regressão, todos a 5% de probabilidade. As frequências de aplicações foliares de zinco não influenciaram as variáveis avaliadas. Não houve efeito depressivo do fósforo sobre a eficiência da adubação com zinco, tanto foliar como via solo. A adubação com zinco no solo, de forma exclusiva, proporcionou produtividades médias de grãos equivalentes à adubação foliar em solo com

¹ Artigo extraído do trabalho de conclusão de curso do primeiro autor.

² Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia - Rodovia Goiânia / Nova Veneza, Km 0, CEP 74001-970 - Goiânia - GO - Brasil. Email: odilonpmoraes@gmail.com. Autor para correspondência.

³ Eng. Agrônomo, Solar Agrícola Ltda. Rua José de Pinho, 53, CEP: 75780-000 - Ipameri - GO - Brasil. Email: mendes_rt@yahoo.com.br.

⁴ Doutoranda em Solos e Água, Universidade Federal de Goiás, Rodovia Goiânia / Nova Veneza, Km 0, CEP 74001-970 - Goiânia - GO - Brasil. Email: laragronomia@gmail.com.

^{5,6} Professores Doutores da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri. Rodovia Go 330 Km 241 Anel Viário S/N, CEP: 75780-000 - Ipameri - GO - Brasil. Email: adilson.pela@ueg.br; glaucia.mello@ueg.br.

menor nível de fósforo, e superiores à adubação foliar em solo com maior nível de fósforo.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L.; adubação fosfatada; saturação por bases; nutrição de plantas; *Diatraea saccharalis*.

INFLUENCE OF LIMING AND PHOSPHORUS ON THE EFFICIENCY OF FOLIAR FERTILIZATION WITH ZINC IN UPLAND RICE

Abstract: Raising the productivity of upland rice through proper nutritional balance is an excellent strategy to search the sustainability of the production system, especially in soils with limiting conditions for cultivation. This study aimed to evaluate the effect of foliar fertilization with zinc in the culture of upland rice in limestoned soil to increase the base saturation to 60% and with different levels of phosphorus on grain yield, yield components and intensity of damage of the borer (*Diatraea saccharalis*). The experiment was conducted in Oxisol, the State University of Goiás, in Ipameri, GO. The experimental design was completes randomized blocks in a factorial 2 (90 and 150 kg ha⁻¹ of phosphorus in the soil) x 5 (0, 1, 2, 3 and 4 foliar applications of zinc), with two witnesses additional (5.0 kg ha⁻¹ of ZnSO₄ on the ground with 90 and 150 kg ha⁻¹ of phosphorus in the soil) and four replications. Data were submitted to ANOVA and Tukey's test, while for the effect of doses, were still undergoing regression analysis, all within 5% probability. The frequencies of foliar applications of zinc did not influence the variables. There was no depressive effect of phosphorus on the effectiveness of zinc fertilization with both foliar and the soil. The fertilization with zinc in the soil, uniquely, provided average yield similar to foliar fertilization on soil with lower phosphorus level, and upper to foliar fertilization on soil with high levels of phosphorus grain.

KEY WORDS: *Oryza sativa* L.; phosphate fertilizer; base saturation; plant nutrition; *Diatraea saccharalis*.

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz de terras altas respondeu por uma área superior a um

milhão de hectares em 2011/12 no Brasil, porém, com produtividade média bem inferior à obtida no sistema de várzeas com

irrigação e com grande oscilação entre os estados (CONAB, 2012). Tais diferenças decorrem em função de fatores de natureza tecnológica e ambiental. Predominantemente os fatores de natureza ambiental são os mais limitantes à cultura do arroz neste sistema, sendo a ocorrência de distúrbios nutricionais, seca e incidência de doenças e insetos praga os mais relevantes (GUIMARÃES e SANT'ANA 1999; PINHEIRO et al., 2006).

Os solos do cerrado brasileiro caracterizam-se pela topografia e propriedades físicas favoráveis ao desenvolvimento das culturas, no entanto, são solos ácidos e empobrecidos pela lixiviação de bases. Por isso é necessária à utilização de corretivos e fertilizantes para que as principais culturas manejadas neste ambiente, atualmente, como soja, milho, algodão e outras, bastante exigentes em termos nutricionais, atinjam altas produtividades (BARBOSA FILHO et al., 1994; NOVAIS et al., 2007).

A ampla utilização de insumos para correção da fertilidade natural desses solos, como calcários e fertilizantes, embora potencialize a produtividade da maioria das culturas anuais, pode desencadear algumas limitações nutricionais ao cultivo do arroz (FAGERIA, 2001). Estas limitações nutricionais, que acarretam em decréscimo acentuado da produtividade em

condições mais severas, correspondem às deficiências de micronutrientes à cultura, como o ferro (Fe), cobre (Cu) e zinco (Zn) (MALAVOLTA et al., 1997). Entre os micronutrientes mais limitantes, a deficiência de Zn é a mais comum em arroz de terras altas, com vários relatos de deficiência nessa cultura (FAGERIA, 2001), sendo a única que se recomenda controlar rotineiramente pela adubação, mesmo em condições favoráveis de cultivo para a cultura, como as encontradas em solos novos, com níveis de saturação por bases mais baixos que em cultivos intensivos (FAGERIA, 2000A; BARBOSA FILHO et al., 2008).

Alto nível de fósforo (P) disponível do solo, bem como aqueles que recebem pesadas adubações fosfatadas, geralmente acarreta deficiência de Zn às plantas, principalmente quando associado à calagem. Apesar da interação Zn x P ser um assunto bastante conhecido ainda não existem respostas seguras e definitivas quanto às possíveis causas desta interação (BARBOSA FILHO et al., 1994, ALLOWAY, 2008). Alguns estudos têm apresentado possíveis explicações quanto à interação entre P e Zn. Alloway (2008) citou algumas possíveis causas desta interação, sendo decorrentes tanto da interação do P com o Zn no solo como na planta. O principal fator que estaria

associado a essa interação, seria um distúrbio metabólico nas células da planta, provocado pelo desequilíbrio entre P e Zn ou pela interferência da concentração excessiva do P na função metabólica do Zn.

Ainda são bastante inconsistentes as estratégias encontradas para correção da deficiência de Zn na cultura do arroz, tendo sido realizadas sem muitos critérios por técnicos e agricultores, podendo elevar desnecessariamente os custos de produção (BARBOSA FILHO et al., 2008). A escolha de um método de aplicação de Zn no arroz depende principalmente das condições do solo, fontes e dosagens dos produtos comerciais disponíveis, além do conhecimento da exigência das cultivares em relação aos estádios de maior demanda nutricional, de forma a promover maior economicidade de aplicação (BARBOSA FILHO, 1994, BARBOSA FILHO et al., 2008).

Efetivar o estado nutritivo da cultura para busca de maiores produtividades, também implica na promoção de resistência induzida à pragas e doenças, partindo do princípio que a planta equilibrada nutricionalmente apresenta maior resistência ao ataque de pragas e patógenos, de acordo com a teoria da trofobiose (VILANOVA et al., 2009). Vários estudos mostram os efeitos da

nutrição mineral sobre o crescimento e a produtividade, com ênfase para a função dos nutrientes no metabolismo das plantas. No entanto, a nutrição mineral pode também ter um efeito secundário sobre a resistência de plantas ao ataque de pragas e doenças (MARSCHNER, 1995).

Em virtude da escassez de trabalhos recentes e da inconsistência de respostas efetivas nessa área, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação de Zn no solo e foliar na cultura do arroz de terras altas cultivada em solo com aplicação de calcário para obtenção de aumento da saturação por base para 60% e diferentes níveis de P, na produtividade, nos componentes de rendimento e na resistência à broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis*).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri-GO. O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw, localizada à latitude de 17°41' ES, longitude 48°11' EW e altitude de 800 metros. A temperatura média é de 21,9 °C, com umidade relativa média do ar variando de 58% a 81% e precipitação pluviométrica anual de 1.447 mm. O solo é

classificado como Latossolo Vermelho amarelo, com textura média, segundo a atual nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA,

2006). Os resultados da análise química do solo, antes da condução do experimento, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química do solo da área experimental.

Caracterização química do solo			
Característica	Valor	Característica	Valor
pH em H ₂ O	5,10	Cálcio + Magnésio (mmolc.dm ⁻³)	6,20
Matéria Orgânica (g dm ⁻³)	24,00	Potássio (mmolc dm ⁻³)	1,30
Al Trocável (mmolc dm ⁻³)	9,30	Fósforo (mg dm ⁻³)	0,90
H + Al (mmolc dm ⁻³)	44,40	Enxofre (mg dm ⁻³)	3,50
T (mmolc dm ⁻³)	51,90	Ferro (mg dm ⁻³)	104,00
CTC efetiva (mmolc dm ⁻³)	7,50	Manganês (mg dm ⁻³)	13,80
Saturação por bases (%)	14,40	Zinco (mg dm ⁻³)	0,90
Saturação por Alumínio (%)	17,00	Cobre (mg dm ⁻³)	1,64
-	-	Boro (mg dm ⁻³)	0,11

Foi realizada a aplicação de 3,6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 95,33%), com 0,33% de Enxofre (S) e 0,27% de Zinco (Zn), uniformemente e de forma manual na área experimental, 104 dias antes da instalação do ensaio, para elevação do nível de saturação de bases no solo a 60%. Foram efetuadas uma aração profunda com arado de discos e três gradagens com grade aradora, para incorporação do corretivo em profundidade e eliminação da espessa palhada de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) encontrada na área, além do nivelamento com grade niveladora. A semeadura do arroz, cultivar BRS Sertaneja, foi realizada manualmente em 29/11/2009, em

condições de sequeiro, utilizando-se 70 sementes por metro de sulco, onde cada parcela foi constituída por oito linhas de quatro metros de comprimento, num espaçamento entre linhas de 0,3 m.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos casualizados, arranjos em esquema fatorial 2x5, mais duas testemunhas adicionais, com quatro repetições. O primeiro fator consistiu nas doses de P₂O₅ (90 e 150 kg ha⁻¹) aplicado no solo como adubação de semeadura, utilizando-se como fonte o fertilizante super simples amoniado (03-17-00). O segundo fator correspondeu ao número de aplicações de zinco via foliar (0, 1, 2, 3 e 4 aplicações;

sendo 0 o nível correspondente à ausência de aplicação de Zn via foliar) realizadas aos 20, 40, 60 e 80 DAE (dias após emergência), com aplicação de 200 l ha⁻¹ com 0,5% de sulfato de zinco heptahidratado (ZnSO₄.7H₂O) com 23% de Zn. As duas testemunhas adicionais consistiram da aplicação de 5,0 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco heptahidratado, associado a 90 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no solo, utilizando-se como fonte o super simples amoniado, na ausência de aplicação de zinco via foliar.

Todas as pulverizações foliares efetuadas, tanto para controles fitossanitários como para aplicação da fonte de zinco, foram realizadas com uso de pulverizador costal manual de bico cônico. Para adubação potássica na semeadura foi utilizado como fonte KCl na dose de 45 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura para fornecimento de N, utilizando-se como fonte sulfato de amônio, foi efetuada aos 30 e 50 DAE, nas doses de 20 e 30 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, de acordo com a recomendação de Ribeiro et al. (1999).

Para a correção de deficiências de Fe e Cu na cultura, logo após o aparecimento dos primeiros sintomas, foram efetuadas duas aplicações foliares de sulfato de ferro, (Fe₂(SO₄)₃.9H₂O, 20% de Fe), aos 30 e 45 DAE, e uma de sulfato de cobre

(CuSO₅.5H₂O, 10% de Cu) aos 45 DAE, utilizando-se 300 L ha⁻¹ de solução a 0,5% para ambas aplicações. Para os tratamentos para fornecimento de Zn foliar e nas correções de deficiências de Fe e Cu, os fertilizantes foliares foram aplicados juntamente com adjuvante do grupo químico dos hidrocarbonetos alifáticos a 0,5% do volume de pulverização.

Para controle das plantas daninhas foram realizadas capinas manuais nos estádios iniciais da cultura e a aplicação de 1,2 L ha⁻¹ de herbicida cyhalofop-butyl, aos 50 DAE e 80 DAE, e 1,0 L ha⁻¹ de herbicida 2,4 - D amine, aos 80 DAE. Para controle da doença mancha parda (*Drechslera oryzae*) foram realizadas aplicações de 0,5 L ha⁻¹ de fungicida a base de azoxistrobina 20%, e 0,3 L ha⁻¹ de tebuconazole 20%, aos 60 e 80 DAE, respectivamente.

As avaliações para determinação da produtividade, peso médio de 50 panículas, comprimento médio de 20 panículas, peso de 1000 grãos e percentagem de grãos cheios em 100 espiguetas foram realizadas utilizando-se as quatro linhas centrais da parcela, eliminando 0,5 m de cada extremidade. Já para determinação da altura e massa seca das plantas, determinadas aos 20, 40, 60, 80 e 110 DAE, foram consideradas a segunda e penúltima linha de cada parcela, com a

coleta aleatória de uma amostra em 0,5 m por parcela, também com a eliminação de 0,5 m de cada extremidade.

A colheita foi realizada aos 110 DAE, quando os grãos apresentavam teor de água de aproximadamente 13%, e a estimação da produtividade pela massa de grãos por área útil de parcela, quando estes apresentaram teor de humidade de 11%. Para determinação da massa seca foi utilizado o método da estufa, em que o material vegetal foi seco em estufa a 70°C até peso constante, determinando-se, em seguida, o peso de massa seca.

Para avaliação da incidência do inseto-praga broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis* Fabr.) foram contabilizadas o número de panículas atacadas (NPA) na área útil da parcela constituída pelas quatro linhas centrais, eliminando 0,5 m de cada extremidade. Foram consideradas como panículas atacadas as panículas que apresentaram cor branca e perfurações no colmo causadas pelo inseto-praga. Foram realizadas duas avaliações, aos 80 e 95 DAE, com objetivo de se conseguir maior precisão nas estimativas de média, compreendendo o estágio de florescimento por ser o de maior suscetibilidade das plantas ao ataque da broca-do-colmo. Foi também estimado o incremento médio da incidência do inseto-praga (IM) entre as duas datas de avaliação (80 e 95 DAE).

Todos os detalhes experimentais, como delineamento experimental e número de repetições considerado foram semelhantes ao adotado na avaliação das demais variáveis.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância, com o teste de Tukey para comparação de médias a 5% de probabilidade, utilizando-se o “software” ESTAT (Estat 1994), e análise de regressão para efeito de doses, utilizando-se o “software” SISVAR (FERREIRA, 2011) a 5% de probabilidade. Os dados de número de panículas atacadas com a broca-do-colmo foram previamente transformados em arc seno $((x + 0,50)/100)$, para comparação dos testes de médias e análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre todas as variáveis estudadas, houve resposta significativa ($p \leq 0,01$) aos tratamentos aplicados à cultura apenas para a produtividade de grãos, apesar da não ocorrência de interação significativa entre frequências de aplicações foliares de Zn e doses de fósforo. As testemunhas adicionais também não se diferiram significativamente para nenhuma das variáveis avaliadas, no entanto, apresentaram interação significativa ($p \leq 0,01$) com ambos os fatores, quanto ao

rendimento de grãos (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de variância para os seguintes parâmetros estudados: produtividade de grãos - (PG); massa de mil grãos - (MMG); comprimento médio de panículas - (CMP); massa média de panículas - (MMP); percentagem de grãos cheios - (PGCH); altura de planta aos 80 DAE (dias após emergência) - (ALP) e massa seca da parte aérea aos 80 DAE - (MSPA).

Fator de Variação	GL	PG	MMG	CMP	MMP	PGCH	ALP	MSPA
	Valores de F							
Testemunhas x Fatores	1	7,78 **	0,60 ^{ns}	1,76 ^{ns}	2,94 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Testemunhas	1	1,82 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Aplicações de Zn (Ap Zn)	4	10,56 **	1,07 ^{ns}	2,39 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,78 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,01 ^{ns}
Doses de P (Dose P)	1	31,35 **	0,49 ^{ns}	3,58 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,06 ^{ns}	2,73 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Ap Zn x Dose P	4	1,71 ^{ns}	0,69 ^{ns}	1,52 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Tratamentos	11	8,18 **	0,74 ^{ns}	2,01 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Blocos	3	3,09 *	0,44 ^{ns}	0,82 ^{ns}	5,25 **	1,70 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,45 ^{ns}
CV (%)		10,31	5,02	5,72	10,89	9,72	7,14	21,44

*, **, ns - Significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F. GL – grau de liberdade dos fatores de variação.

Os tratamentos com alto nível de P, independentes das frequências de aplicações foliares de Zn, apresentaram maior produtividade de grãos, com superioridade de 20,5% quando comparada com os tratamentos com baixo nível de P no solo. Este resultado sugere a não

ocorrência de depreciação na produtividade da cultura, em função da hipótese de deficiência de Zn induzida por altos níveis de fósforo disponível no solo, ocasionado por pesadas adubações fosfatadas, como relatado por Fageria (2001) (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito da frequência de aplicação foliar e da adubação de Zn em semeadura em dois níveis de adubação fosfatada (90 e 150 kg.ha⁻¹ de P₂O₅), no rendimento de grãos de arroz de terras altas.

Número de Aplicações de Zn	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
	90 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	150 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	Média
0	1954	2741	2347
1	1882	2343	2112
2	2315	2519	2417
3	1769	2176	1972
4	2546	2833	2690
Média	2093 A ²	2522 B	2307
Testemunhas	2454 A	2685 A	2569

¹ DAE - dias após emergência. ² Entre colunas, médias seguidas pela mesma letra não se diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas - comparação entre níveis de P.

Vários autores indicam que a interação entre Zn e P depende não somente de fatores limitantes em relação do pH e teores de carbonatos no solo, mas também de outros fatores como características genéticas da cultivar e das condições de manejo do solo (BARBOSA FILHO et al., 1994). Existem controvérsias quanto às respostas da interação entre P e Zn, principalmente para espécies de gramíneas, pois Orabi et al. (1981), em trabalho com milho em vasos, observou aumento do teor de Zn nas plantas com a aplicação de P, e também elevação do teor de P por meio da elevação das doses de Zn no solo. Por outro lado, aplicações crescentes de fertilizante fosfatado no solo, com taxas variando desde 0 até 1000 kg ha⁻¹ de P₂O₅, promoveram reduções significativas no teor de Zn disponível no

solo, com valores de 3,67 e 0,79 mg dm⁻³ no solo, respectivamente, segundo Kovacevic et al. (2007). Os mesmos autores, estudando a influência do fósforo sobre a depreciação de Zn na cultura do milho, não verificaram redução da produtividade da cultura. Eles atribuíram a falta de efeito depressivo do P sobre o Zn à utilização de fertilizante fosfatado enriquecido com Zn, que possivelmente supriu satisfatoriamente as necessidades da cultura.

Apesar das frequências de aplicações de Zn terem se diferido estatisticamente, em ambos os níveis de adubação fosfatada, não foram obtidas respostas seguras quanto ao fornecimento de Zn via pulverização na cultura. Este resultado pode ser observado pelas análises de regressão linear e quadrática das frequências de aplicações

de Zn em cada nível de adubação fosfatada (Tabela 4).

Tabela 4 - Equações lineares e quadráticas da resposta da produtividade de grãos em função da frequência de aplicações de zinco via foliar para cada nível de fósforo no solo.

Doses de P ₂ O ₅	Equações para produtividade de grãos			
	Linear	R ²	Quadrática	R ²
90 kg ha ⁻¹	y = 107,18x + 1878,7	0,271 ^{**}	y = 51,422x ² - 98,512x + 1981	0,3583 ^{ns}
150 kg ha ⁻¹	y = 1,8518x + 2518,5	0,0001 ^{ns}	y = 113,76x ² - 453,17x + 2746	0,6106 ^{**}

^{**} - Significativo a 1% de probabilidade, ns - não significativo.

Barbosa Filho et al. (2008), avaliando a frequência de aplicação de Zn via foliar até 45 dias após emergência, também não verificaram resultados positivos na elevação da produtividade, utilizando a mesma cultivar de arroz empregada no presente trabalho. Os mesmos autores ainda observaram que o maior rendimento médio de grãos foi obtido no tratamento que não recebeu aplicação foliar de Zn, evidenciando certo efeito depressivo do Zn sobre a cultura do arroz via aplicação foliar.

Habid (2009) também relatou que aplicações foliares de Zn aumentaram a produção e a qualidade de sementes de trigo, quando comparada com o tratamento controle, apenas em associação com aplicações foliares de Fe. Apesar de se tratar de trabalhos com culturas que possuem características e exigências nutricionais diferentes do arroz de sequeiro, estes resultados sugerem que a expressão do efeito do Zn na cultura está

condicionada pela adequada suplementação com os demais nutrientes. Dessa forma, é necessário um adequado equilíbrio nutricional para que o vegetal possa expressar satisfatoriamente o efeito do elemento em estudo, visto que, sob condições de solo com alta saturação por bases, como a apresentada neste trabalho, outros micronutrientes como o Fe e o Cu podem limitar o desenvolvimento da cultura, pela diminuição da disponibilidade (NOVAIS et al., 2007).

Apesar do baixo teor natural de Zn disponível no solo, com cerca de 0,9 mg dm⁻³ de Zn obtido com o extrator Mehlich 1 (Tabela 1), abaixo no nível crítico de 1 mg dm⁻³, segundo Lopes e Guilherme (1992) a dose de 9,72 kg ha⁻¹ de Zn aplicado no solo, juntamente com calcário zincado com 0,27% de Zn, pode ter sido eficiente para suprir satisfatoriamente as necessidades da cultura, quanto à nutrição com Zn. Portanto, as testemunhas adicionais que receberam a adubação de 5

kg ha⁻¹ de ZnSO₄ com 23% de Zn como adubação de base, obtiveram um teor total de Zn no solo de aproximadamente 10,87 kg ha⁻¹, valor este, próximo ao fornecido por Fageria (2000b) à cultura de arroz de terras altas em solo de cerrado, que foi de 10 kg ha⁻¹ de Zn, onde se verificou que a produção de matéria seca da parte aérea aumentou 36% em comparação com a testemunha sem adubação. Tais informações evidenciam a importância do adequado balanço nutricional de Zn na cultura do arroz de terras altas para que satisfatórias médias para produtividades de grãos sejam alcançadas. Esse balanço nutricional deve ser promovido por meio de fertilizações com alguma fonte do nutriente, independentemente da forma de aplicação.

O fornecimento de Zn ao solo para a cultura do arroz, mesmo em condições de alto nível de saturação por bases, pode ter acobertado o efeito da adubação foliar com Zn. Isso porque, uma vez que as doses fornecidas via solo, tanto para as testemunhas adicionais, na dose total de 10,87 kg ha⁻¹ de Zn, como para os tratamentos que receberam apenas adubação de Zn via calagem, com dose de 9,72 kg ha⁻¹ de Zn, podem ter contribuído para alcance de adequados teores de Zn no solo, contribuindo para as produtividades médias de grãos de 2569 e 2307 kg ha⁻¹,

respectivamente (Tabela 3).

Fageria (2000b) verificou o teor adequado de Zn no solo pelo extrator Mehlich 1 para a cultura de arroz, de 5 mg Zn kg⁻¹ de solo, com base em 90% de produção relativa. Barbosa Filho et al. (1990) obtiveram rendimento máximo de arroz com a aplicação de 12 kg Zn ha⁻¹ no solo, não observando decréscimo da produtividade até a dose de 35 kg Zn ha⁻¹ no solo.

O resultado do presente trabalho se assemelha com os obtidos por vários autores, onde também não se observou efeito da adubação foliar com Zn associada à adubação com o elemento via solo. Yilmaz et al. (1997) trabalhando com a cultura do trigo em solo calcárico com teor de Zn extraído pelo DTPA de 0,12 mg kg⁻¹ de solo, obtiveram um aumento de 265% na produtividade de grãos quando o Zn foi aplicado exclusivamente no solo como adubação de semeadura, e 250% de elevação, comparado com o tratamento controle, quando realizada adubação via solo associada à adubação foliar. No entanto, os autores identificaram altas concentrações de Zn nos grãos, em tratamento que receberam adubação foliar, com 38 mg Zn kg⁻¹ de MS, contra 18 mg Zn kg⁻¹ de MS no tratamento com adubação exclusivamente via solo. Já Ranjbar e Bahmaniar (2007), avaliando

doses crescentes de Zn aplicadas no solo e via foliar na cultura do trigo, observaram que a dose de 15 kg ha⁻¹ de Zn no solo associada a 900 g ha⁻¹ de Zn em aplicação foliar, ambos utilizando o ZnSO₄ como fonte, possibilitou médias de produtividade e componentes de rendimento, principalmente quando ao teor de Zn nos grãos, significativamente superior aos demais tratamentos.

Como observado na Tabela 5, foi

detectada diferença estatística significativa para NPA ($p \leq 0,05$) apenas entre os níveis de adubação fosfatada, aos 95 DAE e para o IM (Tabela 5). De acordo com a Tabela 6, os tratamentos que receberam adubações foliares com Zn e maior dose de adubo fosfatado apresentaram as maiores médias de número de panículas atacadas pela broca-do-colmo aos 95 DAE, independente da frequência de aplicação de Zn.

Tabela 5 - Detalhamento do quadro da análise de variância para a variável número de panículas atacadas pela broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis* Fabr.) aos 80 e 95 DAE (dias após emergência) e IM (Incremento médio)

Fator de Variação	GL ¹	Número de Panículas Atacadas (NPA)		IM ³
		80 DAE ²	95 DAE ²	
		Valores de F		
Testemunhas x Fatores	1	1,52 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,51 ^{ns}
Testemunhas	1	2,21 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Aplicações de Zn	4	1,06 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Doses de P	1	2,78 ^{ns}	5,91 [*]	4,88 [*]
Aplic. de Zn x D. de P	4	0,65 ^{ns}	1,68 ^{ns}	1,52 ^{ns}
Tratamentos	11	1,22 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,20 ^{ns}
Blocos	3	1,59 ^{ns}	2,02 ^{ns}	2,23 ^{ns}
CV (%)		35,26	19,73	20,15

¹ GL - grau de liberdade dos fatores de variação; ² DAE - dias após emergência; ³ IM - Incremento médio do número de panículas atacadas entre 80 e 95 DAE; *, ns - Significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo teste F.

Borsoi e Costa (2001) afirmaram que existe forte relação entre a nutrição das plantas e o ataque de pragas. Há muitos exemplos na literatura que evidenciam deficiências nutricionais relacionadas ao

favorecimento do ataque de pragas nas culturas, enquanto outros apresentam correlação positiva entre o bom suprimento nutricional e o aumento do ataque de insetos. Já para Lara (1991) tanto os

macros como os micronutrientes podem afetar a manifestação de resistência no vegetal, quer seja influência sobre o inseto quer sobre a planta, onde a ocorrência é diretamente condicionada às exigências nutricionais de cada espécie e pelas condições ambientais locais. O mesmo autor, trabalhando com a cultura do milho, observou relação positiva para o ataque da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), em milho, para os tratamentos com P, potássio (K) e P + K, assim como naqueles sem adubação. Em outro estudo, o autor descreve que o ataque da broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis* Fabr.) de arroz, aumentou o nível de infestação com o uso de nitrogênio (N) + P.

A maior parte dos insetos e ácaros de plantas depende de substâncias solúveis, tais como aminoácidos livres e açúcares redutores, para a sua sobrevivência, uma vez que não são capazes de desdobrar proteínas em aminoácidos. Há evidências que os insetos, mastigadores e sugadores, preferem essas substâncias presentes no suco celular das plantas, bem como os fungos, bactérias e vírus fitopatogênicos também dependem de aminoácidos livres e açúcares redutores para sua nutrição (VILANOVA et al., 2009).

Vários fatores de natureza interna e externa ao mecanismo tendem a influenciar bastante no manejo da

adubação foliar, principalmente no que diz respeito à eficiência da absorção dos nutrientes pelos vegetais. Segundo Malavolta (1997) fatores como a concentração e o pH da solução podem influenciar sobremaneira no processo de absorção nutritiva pelos tecidos foliares, onde, desde que não se atinja um nível com efeito tóxico ao tecido foliar, quando maior a concentração, maior a eficiência da solução aplicada. De acordo com o mesmo autor, enquanto soluções ácidas favorecem a absorção de cátions, soluções com pH básico possibilitam maiores taxas de aproveitamento de nutrientes com cargas negativas (ânions), podendo desempenhar alguma influência na resposta das plantas à aplicação do fertilizante via pulverização foliar. A ausência de resposta consistente do arroz de terras altas à aplicação foliar de $ZnSO_4$ neste estudo sugere-se que outras pesquisas sobre o tema sejam realizadas, antes que a atividade de fertilização foliar para suplemento de Zn à cultura seja recomendada no campo prático.

CONCLUSÕES

As frequências de aplicações foliares de zinco não influenciaram na produtividade, nos componentes de rendimento e na intensidade de dano da

praga broca-do-colmo na cultura. Não houve interação e nem mesmo efeito depressivo do fósforo sobre a eficiência da adubação com zinco, tanto a adubação foliar quanto a fornecida no solo, na cultura estudada. O nível mais elevado de adubação fosfatada proporcionou maiores produtividades de grãos, porém, também ocasionou maior número de panículas

atacadas pela praga broca-do-colmo. A adubação com zinco no solo, de forma exclusiva, proporcionou produtividades médias de grãos equivalentes à adubação foliar em solo com menor nível de fósforo, e superiores à adubação foliar em solo com maior nível de fósforo.

REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B. J. **Zinc in soils and crop nutrition**. Brussels, France: IZA Publications, International Zinc Association, 2008. 139 p.

BARBOSA FILHO, M. P.; DYNIA, J. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Resposta do arroz de sequeiro ao zinco e ao cobre, com efeito residual para o milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.3, p.333-338, 1990.

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

BARBOSA FILHO, M. P.; HEINEMANN, A. B.; FAGERIA, N. K.; FERREIRA, F. A. S.; LIMA, L. B. Frequência de aplicação foliar de micronutrientes em arroz de terras altas. **Comunicado técnico**, Santo Antônio de

Goiás: EMPRAPA-CNPAF, 2008.

BORSOI, G. A.; COSTA E. C. Avaliação nutricional de plantas de erva-mate atacadas e não atacadas pelo *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 131-142, 2001.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sétimo levantamento**. Brasília: Conab, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPSO, 2006. 306 p.

ESTAT. **Sistema para análises estatísticas** (v. 2.0). Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, FCAV-UNESP, 1994.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo de

cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.11, p. 2303-2307, 2000a.

FAGERIA, N. K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 390-395, 2000b.

FAGERIA, N. K. Resposta do arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 416-424, 2001.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Uberlândia, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GUIMARÃES, C. M.; SANT'ANA, E. P. Sistemas de cultivo. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. P. (Eds.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAF, 1999. p. 17.

HABIB, M. Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. **African Journal of Biotechnology**, Academic Journals, v. 8, n. 24, p. 6795-

6798, 2009.

KOVACEVIC, V.; KOMLJENOVIC, I.; MARKOVIC, M. Influences of phosphorus fertilization on zinc status in maize. In: Conference of Improving Crop Production and Human Healt, 2007, Istanbul. **Anais...** Istanbul: Proceedings. Zinc Crops, 2007. p. 1-5.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: ÍCONE, 1991. 336p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. São Paulo: ANDA, 1992. 49 p.

MALAVOLTA, E. Absorção, transporte e redistribuição. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. (Eds.) **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. p. 46-50.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 888 p.

NOVAIS, R. F.; VENEGAS, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 73-

80.

ORABI, A. A.; ABDALLAH, A.; MASHADI, H. BARAKAT, A. H. Zinc-phosphorus relationship in the nutrition of corn plants (*Zea mays* L.) grown on some calcareous soils. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 59, n. 1, p. 51-59, 1981.

PINHEIRO, B. S.; CASTRO, E. M.; GUMARÃES, C. M. Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 97, n. 1, 2006, p. 34-42.

RANJBAR, G. A.; BAHMANIAR, M. A. Effects of soil and foliar application of Zn fertilizer on yield and growth characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. **Asian Journal of Plant Sciences**, Pakistan, v. 6, n. 6, p. 1000-1005, 2007.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

SPARROW, D. H.; GRAHAM, R. D. Susceptibility of zinc-deficient wheat plants to colonization by *Fusarium graminearum* Schw. Group 1. **Plant and**

Soil, Netherlands, v. 112, n. 2, p. 261-266, 1988.

THONGBAI, P.; HANNAM, R. J.; GRAHAM, R. D.; WEBB, M. J. Interaction between zinc nutritional status of cereals and *Rhizoctonia* root rot severity. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 153, n. 2, p. 207-214, 1993.

VILANOVA, C.; SILVA JÚNIOR, C. D. A Teoria da Trofobiose sob a abordagem sistêmica da agricultura: eficácia de práticas em agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 39-50, 2009.

ZHANG, F. S. Effect of zinc nutritional status on membrane permeability in wheat roots. **Beijing Agricultural University**, Beijing, v. 18, n. 1, p. 24-28, 1992.

YILMAZ, A.; EKIZ, H.; TORUN, B.; GULTEKIN, I.; KARANLIK, S.; BAGCI, S. A.; CAKMAK, I. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat grown on zinc-deficient calcareous soils in Central Anatolia. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, n. 4, p. 461-471, 1997.