DESEMPENHO DA APLICAÇÃO FOLIAR DE ZINCO EM FEIJOEIRO

Hugo Alexandre Coelho, Hélio Grassi Filho, Sergio Lázaro de Lima, Thomaz Figueiredo Lobo, Júlio César Thoaldo Romeiro, Rodrigo Domingues Barbosa

Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu – UNESP. E-mail hugoalexandrecoelho@bol.com.br.

RESUMO

A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica na época de formação das sementes, quando consideráveis quantidades de nutrientes são para elas translocadas, essa maior exigência se deve ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agronômica da aplicação foliar de zinco (Óxido de Zinco 700 g Zn L^{-1}) em feijoeiro, comparado a aplicação foliar de sulfato de zinco ($ZnSO_4$) e à testemunha (sem aplicação de Zn). O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Campus de Botucatu - SP. Foi instalado em recipientes com capacidade para 20L de solo, e contemplando quatro aplicações foliares e dois regimes de chuva, com 5 repetições por tratamento, perfazendo um total de 40 vasos. Os resultados obtidos para o delineamento fatorial não apresentaram de uma maneira geral, respostas diferentes significativas quando avaliados quanto à simulação de chuva ou a ausência desta simulação. O tratamento (700g L^{-1} de ZnO) mostrou ter eficiência agronômica quanto a sua aplicação via foliar, com resultados iguais ou superiores à aplicação de $ZnSO_4$ e a testemunha quando aplicados em uma mesma dose de Zn.
Palavras chave: *Phaseolus vulgaris*, adubação mineral, micronutriente

PERFORMANCE OF LEAF APPLICATION OF ZINC IN BEAN PLANT

ABSTRACT

The nutritional requirements of crops, in general, becomes more intense with the beginning of the reproductive phase, being more critical at the time of seed formation, when considerable amounts of nutrients are they translocation, this requirement should be increased to the fact that nutrients are essential to training and development of new bodies of booking. This study aimed to evaluate the agronomic efficiency of foliar application of zinc (zinc oxide Zn 700 g L^{-1}) in bean plant, compared to leaf application of zinc sulphate (ZnSO4) and control (without application of Zn). The experiment was installed in the Faculty of Agricultural Sciences - UNESP / Campus de Botucatu-SP. Was placed in containers with a capacity of 20L of soil and leaf applications encompassing four schemes and two of rain, with 5 replicates per treatment, a total of 40 vessels. The results for the factorial design did not show in general, significantly different answers when evaluated on the simulation of rain or the lack of simulation. The treatment (700g L^{-1} of ZnO) has demonstrated agronomic efficiency as its foliar application, with results equal or exceed the application of ZnSO4 and control when applied at the same dose of Zn.
Key words: *Phaseolus vulgaris*, mineral fertilizer, micronutrient

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris)* no Brasil é cultivado, praticamente, durante o ano inteiro, sendo a primeira época de cultivo chamada feijão "das águas", responsável por aproximadamente 50% da área plantada, representando 45% da produção nacional e com produtividade média de 838 kg ha^{-1} (FEIJÃO..., 2010). Comparando-se com as produtividades de milho, arroz e soja, constata-se que a cultura do feijão possui o menor rendimento por unidade de área.

O feijoeiro é uma planta de ciclo curto e exigente em nutrientes, devido ao pequeno e pouco profundo sistema radicular. Por isso, é fundamental que os nutrientes sejam colocados à disposição da planta em quantidades, tempo e locais adequados.

A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva, sendo mais crítica na época de formação das sementes, quando consideráveis quantidades de nutrientes são para elas translocadas. Essa maior exigência se deve ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A deficiência de micronutrientes, especialmente a de manganês e zinco, pode reduzir a atividade metabólica devido à demanda em processos fisiológicos, como componentes de enzimas essenciais e também comprometer a manutenção estrutural e a integridade funcional das membranas (RÖMHELD; MARSCHNER, 1991).

Nesse contexto a adubação foliar tem sido proposta para aumentar ou manter a concentração de nutrientes nas folhas no período de enchimento dos grãos, pois nesta fase, a absorção de nutrientes pelas raízes é praticamente nula. Para a realização da adubação foliar, existem hoje no mercado inúmeros produtos comerciais contendo macro e micronutrientes, e a sua utilização tem aumentado nos últimos anos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agronômica da aplicação foliar de zinco (Óxido de Zinco 700 g Zn L^{-1}) em feijoeiro, comparado a aplicação foliar de sulfato de zinco ($ZnSO_4$) e à testemunha (sem aplicação de Zn).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área do Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo, da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Campus de Botucatu, estado de São Paulo. Utilizou-se recipientes com capacidade para 20L de solo, sendo utilizado um Latossolo Vermelho Escuro distrófico (LE_d), série "Patrulha", segundo classificação de Carvalho et al. (1983), atualmente denominado Latossolo Vermelho de acordo com classificação da Embrapa (1999).

Foram coletadas amostras para caracterização de atributos químicos (RAIJ et al., 2001) na camada 0-20 cm, com os seguintes resultados: pH ($CaCl_2$ 1 mol L^{-1}) 4,5; 6 g dm^3 de MO; 3 mg dm^{-3} de P_{resina}; 4 $mmol_c$ dm^{-3} de Al^{+3}; 18 $mmol_c$ dm^{-3} de H + Al; 0,6 $mmol_c$ dm^{-3} de K; 5 $mmol_c$ dm^{-3} de Ca; 4 $mmol_c$ dm^{-3} de Mg; 9 $mmol_c$ dm^{-3} de SB; 28 $mmol_c$ dm^{-3} de CTC; 34% de saturação por base (V); 0,1 mg dm^{-3} de B; 0,6 mg dm^{-3} de Cu; 11 mg dm^{-3} de Fe; 8,1 mg dm^{-3} de Mn; 0,04 mg dm^{-3} de Zn.

Após a coleta de solo realizou-se a calagem, utilizando $CaCO_3$, elevando a saturação por bases a 70%, 15 dias antes do plantio. Cada vaso foi irrigado para possibilitar a reação do calcário, sendo a operação repetida a cada três dias, até o momento do plantio. Em cada recipiente foram semeadas 20 sementes e após a emergência das plantas promoveu-se o desbaste mantendo 4 plantas por vaso.

Adicionados na adubação de plantio, 150 mg dm^{-3} de P, na forma de P_2O_5 de superfosfato simples, adicionado ainda, K_2O na forma de cloreto de potássio (60% de K_2O), na dose de 100 mg dm^{-3}, segundo recomendação para o Estado de São Paulo, de acordo com o Boletim 100 (RAIJ et al., 1997). Já na adubação de cobertura, foram aplicadas 4 coberturas nitrogenadas, aos 20, 35, 50 e 65 dias após a emergência das plantas de feijão, perfazendo um total de 200 mg dm^{-3} de N na forma de sulfato de amônio.

O ensaio foi instalado em recipientes com capacidade para 20L de solo, e contemplando quatro aplicações foliares, conforme descrito abaixo, e dois regimes de chuva, com 5 repetições por tratamento, perfazendo um total de 40 vasos. Para a análise estatística dos dados avaliados, foi adotado o delineamento estatístico em fatorial 2x4, com 5 repetições, sendo a parcela principal o regime de chuva (com ou sem simulação de chuva) e a as aplicações foliares (4 níveis abaixo descritos). Neste caso, cada repetição/parcela é representada por um vaso, totalizando 5 vasos por tratamento e 40 vasos no tal de 8 tratamentos propostos (BANZATTO; KRONKA, 1989).

Tratamento	SIMULAÇÃO DE CHUVA	APLICAÇÃO DE MANGANÊS
1	Com simulação de chuva* 150 mm em 8 aplicações	Sem aplicação de zinco via foliar - Zn 0
2		$ZnSO_4.7H_2O$ (20% de Zn) – Dose 1.750 g/ha (350 g Zn) - $ZnSO_4$
3		(Óxido de Zinco 700 g Zn/L) – Dose 0,5 L/ha (350g Zn) - Zn 1
4		(Óxido de Zinco 700 g Zn/L) – Dose 1,0 L/ha (700g Zn) - Zn 2
5	Sem simulação de chuva**	Sem aplicação de zinco via foliar - Zn 0
6		$ZnSO_4.7H_2O$ (20% de Zn) – Dose 1.750 g/ha (350 g Zn) - $ZnSO_4$
7		(Óxido de Zinco 700 g Zn/L) – Dose 0,5 L/ha (350g Zn) - Zn 1
8		(Óxido de Zinco 700 g Zn/L) – Dose 1,0 L/ha (700g Zn) - Zn 2

* Foi utilizado o equipamento de simulação de chuva para a realização da simulação de chuva;

** Foram adicionados aos vasos o volume de água correspondente à água recebida pelos tratamentos com simulação de chuva;

TRATAMENTOS:

1-5. Sem aplicação de Zinco via foliar - Zn 0

2-6. $ZnSO_4.7H_2O$ (20% de Zn) – Dose 1.750 g/ha (350 g Zn) - $ZnSO_4$

3-7. (Óxido de Zinco 700 g Zn/L) – Dose 0,5 L/ha (350g Zn) - Zn 1

4-8. (Óxido de Zinco 700 g Zn/L) – Dose 1,0 L/ha (700g Zn) - Zn 2

Cabe ressaltar que o tratamento com $ZnSO_4$, na forma de sal, recebeu a adição de espalhante adesivo para garantir a boa cobertura das folhas e a melhoria na absorção do elemento aplicado.

Amostras de folhas fisiologicamente maduras foram coletadas na época do florescimento para avaliação do estado nutricional das plantas. As folhas sofreram lavagem em água corrente e água destilada, para acondicionamento

em sacos de papel postos em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas. Após secas foram moídas e analisadas o teor do nutriente Mn, em função dos tratamentos adotados. As análises que determinaram o teor de Mn nas folhas estão de acordo com Malavolta et al. (1997).

Aos 50 DAS determinou-se a concentração de clorofila por intermédio de um clorofilômetro, modelo SPAD 501 da Minolta. Em seguida fez-se o corte da parte aérea na região do colo, a pesagem do material fresco, a lavagem em água corrente e água destilada, para acondicionamento em sacos de papel postos em estufa com circulação forçada de ar até atingir peso constante. Assim, o material foi pesado, e determinado a massa de matéria seca segundo descrição presente em Valle et al. (2001).

Os dados obtidos referentes às características avaliadas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o delineamento fatorial não apresentaram de uma maneira geral, respostas diferentes significativas quando avaliados quanto à simulação de chuva ou a ausência desta simulação. Não foram observadas interações entre a simulação de chuva e os tratamentos contendo Zn para aplicação via foliar. Os resultados estão presentes na tabela 2.

Observa-se que para a massa de matéria fresca, o tratamento contendo ZnO na dose 1 mostrou-se superior à aplicação de $ZnSO_4$ via foliar e à testemunha. Para o acúmulo de massa de matéria seca, a formulação ZnO nas doses 1 e 2 foram superiores à aplicação do $ZnSO_4$ e que a testemunha. Tal comportamento comprova a resposta positiva à aplicação de ZnO na formulação Suspensão Concentrada quanto à garantia de desenvolvimento das plantas e o acúmulo da massa de matéria fresca e seca.

Pela tabela 2, observa-se também que quanto maior a dose de Zn aplicado via foliar, maior foi o teor encontrado nas folhas diagnóstico, sendo que o tratamento Zn 2 mostrou-se superior ao Zn 1 e $ZnSO_4$, que por sua vez foram superiores à testemunha que não recebeu Zn via foliar. Este resultado comprova que a absorção de Zn quando aplicados em mesma dosagem do nutriente, neste caso não foi constatado diferenças significativas, mostrando que a forma de ZnO disponibiliza o Zn à planta com a mesma intensidade que o $ZnSO_4$, e estes tratamentos resultaram em uma absorção de zinco maior que a testemunha.

Não foram observadas diferenças para os teores de clorofila nos tratamentos estudados.

TABELA 2 - Resultados de massa de matéria fresca e seca, teor de clorofila e de zinco em plantas de feijoeiro no pleno florescimento

	Massa de Matéria (g)		Teor de Clorofila	Teor de Nutriente
	Fresca	Seca	(µg cm^{-2})	Zinco
Chuva				
Com	145,5	19,9	2,95	138,5
Sem	137,6	18,6	2,85	141,6
F	0,94	1,79	1,19	0,2
Aplicação Foliar				
Sem	128,0 b	16,2 c	2,84	26,5 c
$ZnSO_4$	123,5 b	15,4 c	2,87	118,1 b
Zn 1	174,6 a	24,7 a	3,01	167,2 b
Zn 2	162,1 ab	20,7 b	2,87	248,3 a
F	7,09	22,04	0,56	25,72
Média	141,5	19,2	2,89	140,0
CV%	18,1	15,1	10,9	16,3

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

Buscando um maior entendimento das respostas ao Zn em função das aplicações foliares, avaliou os resultados obtidos na simulação de chuva (Tabela 3) e na ausência de simulação de chuva (Tabela 4).

Pela tabela 3, onde se avaliou o comportamento das plantas com simulação de chuva, observa-se que para a massa de matéria fresca e para a massa de matéria seca, o tratamento com formulação ZnO nas dosagens 1 e 2 mostrou-se superior ao produto $ZnSO_4$.

TABELA 3 - Resultados de massa de matéria fresca e seca, teor de clorofila e de zinco em plantas de feijoeiro no pleno florescimento, com simulação de chuva

Aplicação	Massa de Matéria (g)		Teor de Clorofila	Teor de Nutriente
Foliar	Fresca	Seca	(µg cm^{-2})	Zinco
Sem	151,57 a	19,02 b	3,11	22,2 c
$ZnSO_4$	107,13 b	13,98 c	2,95	118,4 bc
Zn 1	151,57 a	25,06 a	2,91	170,0 ab
Zn 2	146,73 a	21,35 ab	2,82	243,2 a
F	10,00	16,32	0,84	14,91
Média	145,41	19,85	2,95	138,5
CV%	13,91	12,93	10,05	18,85

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

Observa-se também que quanto maior a dose de Zn aplicado via foliar, maior foi o teor encontrado nas folhas diagnóstico, sendo que o tratamento Zn 2 mostrou-se superior ao Zn 1 e $ZnSO_4$, que por sua vez foram superiores à testemunha que não recebeu Zn via foliar. Este resultado comprova que a absorção de Zn quando aplicados em mesma dosagem do nutriente, neste caso não foi constatado diferenças significativas, mostrando que a forma

de ZnO disponibiliza o Zn à planta com a mesma intensidade que o $ZnSO_4$, e estes tratamentos resultaram em uma absorção de zinco maior que a testemunha.

Já para a variável de teor de clorofila não houve diferença estatística entre os tratamentos, no entanto o tratamento sem aplicação foliar de Zn foi o que obteve as maiores concentrações.

Pela tabela 4, onde se avaliou o comportamento das plantas sem simulação de chuva, observa-se que para a massa de matéria fresca e para a massa de matéria seca, o tratamento Zn 1 mostrou-se superior à testemunha e não diferiu estatisticamente da aplicação do tratamento Zn 2 e do $ZnSO_4$. Para a massa de matéria seca, o tratamento Zn 1 mostrou-se superior ao tratamento $ZnSO_4$ e maior que a testemunha.

TABELA 4 - Resultados de massa de matéria fresca e seca, teor de clorofila e de zinco em plantas de feijoeiro no pleno florescimento, sem simulação de chuva

Aplicação	Massa de Matéria (g)		Teor de Clorofila	Teor de Nutriente
Foliar	Fresca	Seca	(μg cm^{-2})	Zinco
Sem	106,40 b	13,35 c	2,57	30,8 d
$ZnSO_4$	139,69 ab	16,89 bc	2,78	117,8 b
Zn 1	166,97 a	24,30 a	3,10	164,4 b
Zn 2	137,46 ab	20,40 ab	2,91	253,0 a
F	3,41	11,39	2,81	11,20
Média	137,63	18,72	2,84	141,5
CV%	21,79	16,62	11,86	13,76

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

Observa-se também que quanto maior a dose de Zn aplicado via foliar, maior foi o teor encontrado nas folhas diagnóstico, sendo que o tratamento Zn 2 mostrou-se superior ao o tratamento Zn 1 e o $ZnSO_4$, que por sua vez foram superiores à testemunha que não recebeu Zn via foliar.

Já para variável de teor de clorofila sem simulação de chuva não houve diferença estatística entre os tratamentos, igual quando houve simulação de chuva. No entanto o tratamento sem aplicação foliar de Zn foi o que obteve as maiores concentrações.

Em estudo de Teixeira et al. (2003) a adubação com manganês e zinco promoveu acréscimos lineares nos teores foliares de Mn e Zn. Além disso, verificaram que o emprego das doses consideradas de máxima eficiência de manganês e, ou, zinco propiciaram acréscimos nos teores de N, K, Ca, e Mg, B, Cu e Fe e decréscimo acentuado no teor de P, principalmente na presença do zinco.

Resultados de estudo de Teixeira et al. (2004), constatam que os teores de clorofila não foram influenciados pela adição do zinco.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem as seguintes conclusões:

- A simulação de chuva ou a ausência desta simulação não diferiram para nenhuma das variáveis analisadas;

- Os tratamentos com a formulação ZnO, nas doses 1 e 2 mostraram-se superiores à testemunha quanto aos ganhos de massa fresca e seca;

- A aplicação de Zn na forma de ZnO, na dose de 350 g ha^{-1} de Zn, mostrou-se superior à

aplicação de Zn na forma de $ZnSO_4$ e à testemunha, quanto ao acúmulo de massa de matéria seca;

- O teor de Zn na folha diagnóstico foi resposta direta à dose de zinco aplicada, sendo o tratamento Zn 1, Zn 2 e $ZnSO_4$ superiores à testemunha;

- Não houve resposta quanto ao teor de clorofila quando da aplicação de Zn;

- O tratamento (700g/L de ZnO) mostrou ter eficiência agronômica quanto a sua aplicação via foliar, com resultados iguais ou superiores à aplicação de $ZnSO_4$, quando aplicados em uma mesma dose de Zn;

REFERÊNCIAS

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1989. 247 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes***:* ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACOLLA, A. A. **Levantamento de solos da Fazenda Lageado - Estação Experimental "Presidente Médice"**. Botucatu, UNESP: Faculdade de Ciências Agronômicas, 1983. 95 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

FEIJÃO. Agrianual 2010: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2009. p. 322.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, 1997. 308 p.

RAIJ, B. Van et al. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RöMHELD, V.; MARSCHNER, H. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J. J. (Ed.). **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 297-328.

TEIXEIRA, I. R. et al. Teores de clorofila em plantas de feijoeiros influenciadas pela adubação com manganês e zinco. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 147-152, 2004.

TEIXEIRA, I. R. et al. Nutrição mineral do feijoeiro em função de doses de manganês e zinco. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 235-242, jul./dez. 2003.

VALLE, E. et al. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia agrária**, v. 58, n. 1, p. 125-129, Mar. 2001.