

Doses e modos de aplicação de boro na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão em solo de cerrado

Cleodir Jorge dos Reis¹
Rogério Peres Soratto²
Guilherme Augusto Biscaro²
Stela Maris Kulczynski²
Danilo Silveira Fenandes²

RESUMO

No presente trabalho, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de doses de boro em cobertura ou via foliar na produção e qualidade fisiológica de sementes do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado em solo de cerrado. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro doses de B (0, 500, 1.000 e 2.000 g ha⁻¹), na forma de bórax, e dois modos de aplicação (via foliar e em cobertura). Nos tratamentos que receberam boro via foliar, a aplicação foi realizada em duas etapas, sendo cada dose dividida em duas aplicações, realizadas aos 25 e 35 DAE. Nos tratamentos de cobertura, a aplicação foi feita aos 25 DAE. Os componentes da produção do feijoeiro não foram afetados pelo modo de aplicação ou pela dose de boro utilizada. Doses acima de 500 g ha⁻¹ de B via foliar reduziram a produtividade da cultura. A aplicação de B, tanto em cobertura quanto via foliar, não interferiu na germinação e no vigor das sementes de feijão; no entanto, proporcionou maior massa seca de plântulas.

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris*, adubação foliar, irrigação, bórax.

ABSTRACT

Effect of doses and application methods of boron on yield and physiological quality of common bean seeds grown in 'Cerrado' soil

The objective of this work was to evaluate the effect of the sidedressing or leaf application of boron doses on yield and physiological quality of seeds of irrigated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in 'Cerrado' soil. The experiment was arranged in a randomized complete block design, in a 4 x 2 factorial scheme, with four replications. Treatments consisted of the combination of four boron doses (0, 500, 1.000, and 2.000 g ha⁻¹) and two application methods (foliar spray and sidedressing), using sodium borate as source. Treatments that received foliar spray application had each dose divided in two times (25 and 35 days after emergence). The sidedressing application was carried out 25 days after emergence. Yield components were not affected by boron doses and application methods. Boron (sodium borate) sprayed on leaves in doses above 500 g ha⁻¹ decreased seed yield of irrigated common bean. Boron application, sidedressing or foliar, did not influence germination and vigor of common bean seeds; but provided increased dry matter of seedlings.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, foliar fertilization, irrigation, sodium borate.

Recebido para publicação em outubro de 2006 e aprovado em julho de 2008.

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia, Rod. MS 306, Km 6, 79540-000, Cassilândia, MS. Tel. (67) 3596-2021, E-mail: gbiscaro@uems.br; stelamk@terra.com.br

² Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Fazenda Experimental Lageado, Caixa Postal 237, 18610-307, Botucatu, SP. Tel (14) 3811-7161. E-mail: soratto@fca.unesp.br

INTRODUÇÃO

No cultivo do feijão de inverno, a irrigação possibilita a obtenção de produtividades cerca de três vezes superiores às obtidas em outras épocas de cultivo, oferta do produto no período da entressafra, quando alcança melhores preços, facilidade de mão-de-obra e produção de sementes de alta qualidade. Assim, o feijoeiro tornou-se uma das principais culturas utilizadas na entressafra em sistemas irrigados, na região Central e no Sudeste do Brasil (Barbosa Filho *et al.*, 2001).

A utilização de cultivares de alta capacidade produtiva e resistência a doenças de controle mais problemático têm proporcionado aumento na produtividade. No entanto, o potencial produtivo desses cultivares raramente tem sido alcançado, principalmente devido a desequilíbrios nutricionais, característicos dos solos de cerrado. Porém, os resultados de pesquisa sobre adubação nessas condições são insuficientes, e ainda não há recomendação que seja completamente efetiva (Barbosa Filho & Silva, 2000).

A carência de boro (B) é muito comum no País, particularmente em solos arenosos e pobres em matéria orgânica (Oliveira *et al.*, 1996), o que tem provocado grandes perdas de produtividade em algumas culturas (Mariano *et al.*, 2000). O B é um elemento essencial ao crescimento das plantas, participando de vários processos, como transporte de açúcares, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo de AIA, metabolismo fenólico, metabolismo de ascorbato, além de ter função na síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática (Cakmak & Römheld, 1997). Para Malavolta *et al.* (1997), o B influi na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumenta o pegamento de flores e a granação e causa menor esterilidade masculina e menor chochamento de grãos.

A exigência nutricional das culturas, em geral, torna-se mais intensa com o início da fase reprodutiva. Essa maior exigência deve-se ao fato de os nutrientes serem essenciais à formação e ao desenvolvimento de novos órgãos de reserva (Carvalho & Nakagawa, 2000). A quantidade de B requerida para a formação da semente geralmente é maior do que a necessária para o crescimento vegetativo (Marschner, 1995). Oliveira *et al.* (1996) afirmam que plantas de feijão deficientes em B produzem poucas flores e vagens, podendo a planta morrer antes mesmo da floração em casos extremos de deficiência. Dessa forma, mesmo em situações, em que a cultura se encontra em solo com boas características físicas e químicas, podem ser obtidos aumentos na produtividade com a adubação foliar (Rosolem, 1980).

Para Lopes (1999), a adubação foliar em culturas seria uma forma mais eficaz para aplicação de micronutrientes.

As vantagens da aplicação de B via foliar, com relação à cobertura, seriam: melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas e respostas mais rápidas por parte das plantas, podendo-se assim corrigir deficiências já presentes na cultura com maior eficiência do que em aplicação em cobertura. No entanto, Malavolta & Kliemann (1985) afirmam que, devido à dificuldade na translocação de B pelo floema, sua aplicação no solo é muito eficiente, pois, além de elevar o teor do elemento na folha mais rapidamente, possui, ainda, efeito mais duradouro em relação à adubação foliar, que necessita ser feita por diversas vezes.

Segundo Oliveira *et al.* (1996), a correção da deficiência de B em feijoeiro pode ser feita por meio de aplicações em sulco de 0,5 a 1,0 kg ha⁻¹ de B ou via aplicações foliares. Para Rosolem (1996), o fornecimento de B ao feijoeiro pode ser realizado no sulco de semeadura ou em cobertura com aplicação de 10 a 20 kg ha⁻¹ de bórax. Ambrosano *et al.* (1996) recomendam a aplicação de 1,0 kg ha⁻¹ de B quando o teor no solo (extraído em água quente) for inferior a 0,21 mg dm⁻³. De acordo com Galvão (2004), no caso de teor de B no solo menor que 0,2 mg dm⁻³ deve-se aplicar 2,0 kg ha⁻¹ de B; já para teores no solo entre 0,3 e 0,5 mg dm⁻³ pode-se usar metade da dose no sulco de semeadura. Esses autores recomendam também, no caso do aparecimento de sintomas de deficiência, a aplicação de bórax foliar na concentração de 0,5% e com vazão da calda de 400 L ha⁻¹.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de B em cobertura ou via foliar na produção e qualidade fisiológica de sementes do feijoeiro irrigado por pivô central em solo de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Cambuí, localizada no município de Cassilândia, MS (52° 37' W, 18° 47' S, altitude de 600 m). O solo do local é um Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 1999), originalmente sob vegetação de cerrado. Antes da instalação do experimento, foi realizada amostragem de solo para a determinação das características químicas na camada de 0-20 cm, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

O experimento foi instalado em área anteriormente cultivada com a sucessão pastagem/feijão/pastagem, no ano agrícola 2003/2004. O solo foi preparado com uma gradagem pesada e duas leves, sendo a primeira realizada 15 dias antes da semeadura e a segunda na véspera da semeadura.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro doses de B (0, 500, 1.000 e 2.000 g ha⁻¹) e dois modos de aplicação (via foliar e em cobertura), tendo como fonte o bórax (11% de B). Cada parcela foi constituída por cinco linhas de seis metros de com-

Tabela 1. Resultado das análises química e granulométrica do solo, na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento

M.O.	P (resina)	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V
mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹		%
28,0	25,0	5,20	1,1	15,0	7,0	18,0	41,0	56,0
S	B ¹	Cu ²	Fe ²	Mn ²	Zn ²	areia	silte	argila
mg dm ⁻³			g kg ⁻¹					
5,00	0,27	0,60	10,00	10,00	1,20	835	81	84

¹Extraído em BaCl₂; e ²Extraído em DTPA.

primento. A área útil foi formada pelas três linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

A adubação de sementeira constou da aplicação de 400 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 06-22-12 + 6,25% de S em todos os tratamentos. A sementeira do feijoeiro foi realizada mecanicamente no dia 05/06/2005, utilizando-se o cultivar Pérola. Foi usado espaçamento de 0,45 m entrelinhas e sementes necessárias para se obterem 16 plantas por metro linear. As sementes foram tratadas com carboxim + thiram (200 + 200 g do i.a. e 100 kg⁻¹ de sementes). A emergência das plantas ocorreu dia 11/06/2005.

As adubações de cobertura foram realizadas via pivô central, com a aplicação de 140 kg ha⁻¹ da fórmula-NPK 25-00-15 + 8,5% de S aos 20 dias após a emergência (DAE) e 240 kg ha⁻¹ da fórmula-NPK 16-00-32 + 5,0% de S aos 30 DAE.

Nos tratamentos que receberam B via foliar, a aplicação foi realizada em duas etapas, sendo cada dose dividida em duas aplicações, realizadas aos 25 e 35 DAE, utilizando-se uma vazão de 200 L ha⁻¹ de calda na pulverização. Nos tratamentos em que o nutriente foi aplicado em cobertura, este foi distribuído sobre o solo ao lado das fileiras de plantas aos 25 DAE, tendo sido o bórax misturado com areia lavada para facilitar a distribuição.

O controle de plantas invasoras foi realizado utilizando-se herbicida seletivo recomendado para a cultura do feijão.

O controle de plantas daninhas foi realizado aos 14 DAE, com os herbicidas seletivos bentazon (720 g do i.a. ha⁻¹) e fluazifop-p-butil (200 g do i.a. ha⁻¹) recomendados para a cultura do feijão.

A irrigação foi realizada durante todo o ciclo da cultura, por meio de aspersão com um pivô central dotado de difusores que cobria uma área irrigada total de 105 hectares. A cada volta completa do pivô, cuja duração era de 13 horas, era aplicada uma lâmina de 4,8 mm. O manejo da irrigação foi realizado por meio de um balanço hídrico, sendo utilizada uma estação meteorológica automatizada, a qual fornecia as informações de evapotranspiração diária e precipitação, necessárias para o cálculo do balanço.

Na área útil de cada parcela foram realizadas as seguintes avaliações: componentes de produção – por oca-

sião da colheita foram coletadas 10 plantas em local pré-determinado, na área útil de cada parcela, e levadas ao laboratório para determinação do número de vagens/planta, número médio de sementes/vagem e massa de 100 grãos, e produção de sementes – pesagem das sementes obtidas na área útil de cada parcela, sendo os dados transformados em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

As sementes obtidas foram avaliadas seis meses após a colheita, mediante: teste de germinação – realizado com uma sub-amostra de 50 sementes de cada parcela, colocadas equidistantes em rolos de papel Germitest umedecido com água deionizada, numa quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel e mantidas à temperatura de 25 °C. As contagens foram realizadas aos cinco e nove dias após a montagem do teste, indicando a porcentagem de plântulas normais (Brasil, 1992); primeira contagem de germinação – realizada em conjunto com o teste de germinação, computando-se as porcentagens de plântulas normais verificadas no quinto dia após a montagem; teste de emergência em campo – semearam-se 50 sementes de cada parcela. As sementes foram distribuídas de modo equidistante em sulcos de 2 m de comprimento e 2 cm de profundidade. Os sulcos foram espaçados de 20 cm, e as contagens foram realizadas aos 21 dias após a sementeira, computando-se as plântulas com os cotilédones acima da superfície do solo e com as folhas simples com as margens não mais se tocando; índice de velocidade de emergência (IVE) – conduzido em conjunto com o teste de emergência de plântulas em campo, anotando-se diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas que apresentavam as folhas embrionárias visíveis. Ao final do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, calculou-se o IVE, empregando a fórmula proposta por Maguire (1962); massa de matéria seca da parte aérea das plântulas – determinada utilizando-se o teste instalado para avaliação da emergência de plântulas em campo. Aos 21 dias após a sementeira foram arrancadas 25 plântulas. No laboratório, as partes aéreas dessas plântulas foram separadas do sistema radicular, colocadas em saco de papel e levadas para estufa com circulação forçada de ar à 65 °C até atingirem peso constante, sendo pesadas em seguida; e condutividade elétrica – determinada utilizando-se uma sub-amostra de 50 sementes de cada parcela,

as quais foram pesadas e colocadas em um recipiente com 75 mL de água destilada e mantidas em câmara a 25 °C, durante 24 horas. Após esse período, foi feita a leitura da condutividade elétrica, com o auxílio do condutímetro, modelo Marconi CA-150, sendo o valor expresso em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (Vieira & Krzyzanowski, 1999).

Os resultados foram submetidos à análise de variância. As médias referentes ao modo de aplicação de B foram comparadas pelo teste t ($P=0,05$), e os efeitos das doses, avaliados pela análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observados sintomas de deficiência de B nas plantas de feijão, mesmo no tratamento sem aplicação do nutriente. Nos tratamentos com maiores concentrações de B, via aplicação foliar, foram observadas manchas foliares causadas, provavelmente, por fitotoxicidade do produto, sendo esse efeito verificado oito dias após a primeira aplicação do micronutriente sobre as plantas. Quanto maior a dose utilizada, maior a fitotoxicidez.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores dos componentes da produção e a produtividade de sementes de feijão em função da aplicação de doses crescentes de B em cobertura ou via foliar.

Weaver *et al.* (1985) verificaram que a aplicação via foliar de B (ácido bórico) no feijoeiro, no período de abertura das primeiras flores, aumentou a retenção de vagens e, conseqüentemente, elevou a produtividade. Existe uma relação entre a disponibilidade de B e a produção e viabilidade do grão de pólen (Agarwala *et al.*, 1981), e o B estimula a germinação e o desenvolvimento do tubo

polínico (Marschner, 1995). No entanto, no presente trabalho as variáveis vagens por planta, sementes por vagem e massa de 100 sementes não foram afetadas pelos fatores estudados. Porém, a produtividade de sementes foi afetada significativamente pelo fator dose e pela interação modo de aplicação \times dose.

Mediante o desdobramento da interação modo de aplicação \times dose, verifica-se que a aplicação de B via foliar promoveu redução da produção de sementes, com os dados se ajustando a uma função linear (Figura 1). O efeito negativo da aplicação foliar de B pode ser devido à fitotoxicidade provocada pelas elevadas doses de B ou pela queima das folhas provocada pela alta concentração de bórax na calda de pulverização, mesmo com o parcelamento da dose utilizada. Quando a aplicação foi realizada em cobertura, via solo, esta não interferiu na produtividade de sementes, provavelmente porque os teores de B no

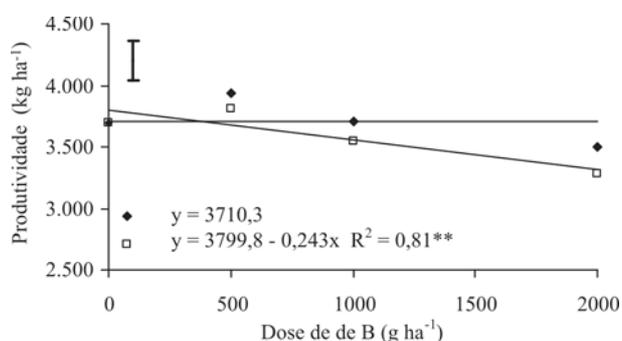


Figura 1. Produtividade de sementes de feijão em função da aplicação de doses de B em (◆) cobertura ou (□) via foliar. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. Barras verticais indicam o valor de DMS ($P = 0,05$).

Tabela 2. Componentes da produção e produtividade de sementes de feijão em função da aplicação de doses de B em cobertura ou via foliar

Tratamentos	Vagens por planta	Sementes por vagem	Massa de 100 sementes	Produção de sementes
Modo de aplicação			g	kg ha ⁻¹
Foliar	13,82	4,44	25,65	3.587
Cobertura	14,83	4,34	25,15	3.710
DMS ($P=0,05$)	1,74	0,37	0,64	160
Dose (g ha ⁻¹)				
0	14,72	4,42	24,99	3.700
5.00	13,60	4,68	25,30	3.875
1.000	14,85	4,24	25,81	3.628
2.000	14,14	4,21	25,50	3.392
CV (%)	16,6	11,5	3,4	6,0
Fonte de variação	Significância (teste F)			
Modo de aplicação (M)	ns	ns	ns	ns
Dose (D)	ns	ns	ns	L**
Interação M X D	ns	ns	ns	*

Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro do fator modo de aplicação, diferem entre si pelo teste t ($P=0,05$). ns, * e ** são não-significativo e significativo a 5% e 1%, pelo teste F, respectivamente. L = efeito linear.

solo eram considerados médios (Tabela 1), segundo Galvão (2004). No entanto, analisando-se o desdobramento de modo de aplicação dentro de dose, verifica-se que não houve diferença significativa entre o modo de aplicação para nenhuma dose utilizada. Mascarenhas *et al.* (1998) verificaram redução na produção de matéria seca de feijão mediante a aplicação de doses crescentes de B no solo, mesmo em condições de baixos teores originais.

A disponibilidade de nutrientes influencia na formação do embrião e dos cotilédones, com resultados eficazes sobre o aumento do vigor e da qualidade fisiológica (Teixeira *et al.*, 2005). No entanto, há poucos trabalhos relacionados à adubação e nutrição das plantas produtoras de sementes e sua qualidade fisiológica; e no caso de micronutrientes, a situação é ainda mais crítica (Carvalho & Nakagawa, 2000). No entanto, no presente trabalho a aplicação de B em cobertura ou via foliar não afetou a germinação e o vigor avaliados mediante a primeira contagem, o índice de velocidade de emergência, a emergência em campo e a condutividade elétrica (Tabela 3). Ambrosano *et al.* (1999) também não verificaram efeito da aplicação de B via foliar na germinação de sementes de feijão. Ressalta-se ainda que o valor médio para o teste de germinação foi de 98%, acima, portanto, do padrão mínimo para comercialização de sementes de feijão no Brasil, atualmente de 80% (Brasil, 1992).

Com relação aos valores de porcentagem de plântulas normais na primeira contagem, não se verificaram diferenças entre tratamentos, sendo estes superiores a 86%, evidenciando que as sementes apresentavam excelente vigor, mesmo após seis meses de armazenamento em condições ambiente.

Plantas provenientes de sementes de alto vigor apresentam desempenho superior àquelas oriundas de sementes de baixo vigor, influenciando, inclusive, a produtividade (Sá, 1994). Dessa forma, é de extrema importância o vigor e a capacidade de emergência das sementes no campo para se assegurarem adequados estabelecimento e estande da cultura, podendo o vigor da semente ser influenciado pelo estado nutricional do feijoeiro (Teixeira *et al.*, 2005). No entanto, no presente trabalho o potencial fisiológico das sementes, avaliado pela emergência das plântulas em campo e pelo índice de velocidade de emergência, não sofreu efeito dos tratamentos (Tabela 3).

O teste de condutividade elétrica não apontou efeito dos tratamentos, sendo o valor médio obtido $62,9 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ inferior ao observado por Teixeira *et al.* (2005) e associado a sementes de excelente qualidade e alto vigor (Tabela 3). Geralmente o mais alto valor de condutividade elétrica é ocasionado pela maior liberação de íons no meio, em virtude do comprometimento da integridade das membranas, e está relacionado a sementes de qualidade inferior (Vieira & Krzyzanowski, 1999).

A massa de matéria seca das plântulas foi influenciada significativamente pelo fator dose e pela interação modo de aplicação \times dose. Mediante o desdobramento da interação, verifica-se que a aplicação de B via foliar promoveu aumento na massa de matéria seca das plântulas, com os dados se ajustando a uma função linear quando a aplicação foi realizada por meio de pulverização via foliar, e a uma função quadrática quando a aplicação foi em cobertura (Figura 2).

Tabela 3. Germinação (GE), primeira contagem (PC), emergência em campo (EM), índice de velocidade de emergência (IVE), condutividade elétrica (CE) de sementes e produção de matéria seca da parte aérea de plântulas (MS) de feijão em função da aplicação de doses de B em cobertura ou via foliar

Tratamentos	GE	PC	EM	IVE	CE	MS
Modo de aplicação	(%)			$(\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1})$		
Foliar	98,1	91,4	91,0	14,0	62,8	0,351
Cobertura	98,0	86,1	89,5	13,9	63,0	0,348
DMS ($P=0,05$)	1,7	7,5	3,3	0,6	2,9	0,014
Dose (g ha^{-1})						
0	99,5	89,0	88,7	13,8	62,2	0,319
500	97,0	87,3	91,0	14,0	63,3	0,351
1.000	98,5	88,3	90,7	14,1	63,5	0,372
2.000	97,3	90,5	90,7	13,8	62,7	0,356
CV (%)	2,4	11,5	5,0	6,1	6,2	5,3
Fonte de variação	Significância (teste F)					
Modo de aplicação (M)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dose (D)	ns	ns	ns	ns	ns	L**
Interação M X D	ns	ns	ns	ns	ns	*

Médias seguidas de letras distintas na coluna, dentro do fator modo de aplicação, diferem entre si pelo teste t ($P=0,05$). ns, * e ** são não-significativo e significativo a 5% e 1%, pelo teste F, respectivamente. L = efeito linear.

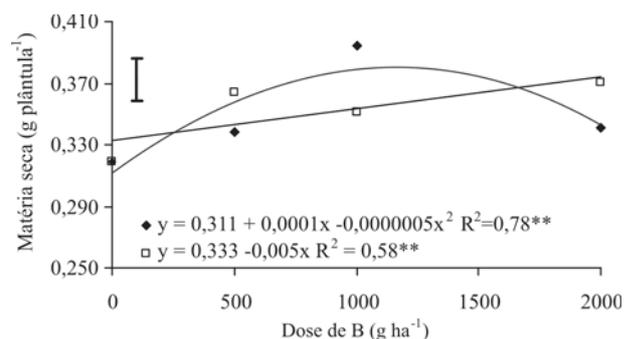


Figura 2. Produção de matéria seca de parte aérea de plântulas de feijão em função da aplicação de doses de B em (◆) cobertura ou (□) via foliar. ** é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. Barras verticais indicam o valor de DMS ($P = 0,05$).

Na Figura 2 pode-se perceber que o aumento da dose de B aplicado via foliar na cultura teve reação positiva, apresentando aumento na quantidade de matéria seca da plântula mesmo quando se chegou aos 2.000 g ha⁻¹, ao contrário do que se pode observar quando se trata da aplicação de B por cobertura no solo, que teve um acréscimo na produção de matéria seca até a dose máxima estimada de 1.200 g ha⁻¹. Esses resultados demonstram a importância da nutrição adequada no vigor da semente e desenvolvimento inicial da plântula.

De maneira geral, os resultados confirmam a informação de que o cultivo do feijoeiro na época de inverno proporciona a obtenção de alta produtividade e de sementes de excelente qualidade, como já havia sido observado por Vieira & Sartorato (1984), Carvalho *et al.* (1998) e Teixeira *et al.* (2005).

CONCLUSÕES

Os componentes da produção do feijoeiro não são afetados pelo modo de aplicação ou pela dose de B utilizado.

A aplicação de doses acima de 500 g ha⁻¹ de B (bórax) via foliar reduz a produtividade do feijoeiro irrigado.

A aplicação de B, tanto em cobertura quanto via foliar, não interfere na germinação e no vigor das sementes de feijão; no entanto, proporciona maior massa seca das plântulas.

AGRADECIMENTOS

À senhora Luciana Carvalho Dias, proprietária da Fazenda Cambuí, por ter cedido a área para a condução do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

Agarwala SC, Sharma PN, Chatterjee C & Sharma CP (1981) Development and enzymatic changes during pollen development in boron deficient maize plants. *Journal Plant Nutrition*, 3: 329-336.

Ambrosano EJ, Ambrosano GMB, Wutke EB, Bulisani EA, Martins ALM & Silveira LCP (1999) Efeitos da adubação nitrogenada e com micronutrientes na qualidade de sementes do feijoeiro cultivar IAC-Carioca. *Bragantia*, 58: 393-399.

Ambrosano EJ, Tanaka RT, Mascarenhas HAA, Raij BV, Quaggio JA & Cantarella H (1996) Leguminosas e oleaginosas. In: Raij BV, Cantarella H, Quaggio JA & Furlani AMC (Eds.) *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2nd ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, p.189-203. (Boletim técnico, 100).

Barbosa Filho MP & Silva OF (2000) Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 1317-24.

Barbosa Filho MP, Fageria NK & Silva OF (2001) Aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão. 8p. (Circular técnica, 49).

Brasil - Ministério da Agricultura (1992) Regras para análise de sementes. Brasília, SNAD/DNPV/CLAV. 365p.

Cakmak I & Römheld V (1997) Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. In: Dell B, Rown PH & Bell RW (Eds.) *Boron in soil and plants: review*. Symposium, Chiang Mai, reprinted *Plant and Soil*, 193: 71-83.

Carvalho MAC, Arf O & Sá ME (1998) Efeito do espaçamento e época de semeadura sobre o desempenho do feijão. II. Qualidade fisiológica das sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, 20: 202-8.

Carvalho NM & Nakagawa J (2000) Sementes. Ciência, tecnologia e produção. 4th ed. Jaboticabal, FUNEP. 588p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999) Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. Rio de Janeiro, Embrapa/CNPSo. 41p.

Galvão EZ (2004) Micronutrientes. In: Sousa DMG & Lobato E (Eds.) *Cerrado: correção do solo e adubação*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. p.185-223.

Lopes AS (1999) Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica. São Paulo, Associação Nacional para Difusão de Adubos. 70p. (Boletim técnico, 8).

Maguire JD (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.

Malavolta E & Kliemann HJ (1985) Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba, Potafós. 136p.

Malavolta E, Vitti GC & Oliveira SA (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2nd ed. Piracicaba, Potafós. 319p.

Mariano ED, Faquin V, Furtini Neto AE, Andrade AT & Mariano IOS (2000) Níveis críticos de boro em solos de várzea para o cultivo do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35: 1637-44.

Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. San Diego, Academic Press. 889p.

Mascarenhas HAA, Tanaka RT, Nogueira SSS, Carmello QAC & Ambrosano EJ (1998) Resposta do feijoeiro a doses de boro em cultivo de inverno e de primavera. *Bragantia*, 57: 153-8.

Oliveira IP, Araújo RS & Dutra LG (1996) Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: Araújo RS, Rava CA, Stone LF & Zimmermann MJO (Coords.) *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba, Potafós. p.301-52.

Rosolem CA (1996) Calagem e adubação mineral. In: Araújo RS, Rava CA, Stone LF & Zimmermann MJO (Coords.) *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba, Potafós. p. 353-90.

- Rosolem CA (1980) Nutrição mineral e adubação de soja. Piracicaba, Potafós. 80p. (Boletim Técnico, 6).
- Sá ME (1994) Importância da adubação na qualidade de semente. In: Sá ME & Buzetti S (Eds.) Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo, Ícone. p. 65-98.
- Teixeira IR, Borém A, Araújo GAA & Andrade MJB (2005) Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. *Bragantia*, 64: 83-88.
- Vieira RD & Krzyzanowski FC (1999) Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, FC, Vieira RD & França Neto JBF Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina, ABRATES. p.1-26.
- Vieira RF & Sartorato A (1984) Recomendações técnicas para produção de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de alta qualidade. Goiânia, CNPAF/Embrapa. 46p. (Circular técnica, 10).
- Weaver ML, Timm H, Nag H, Burke DW, Silbernagel MJ & Forter K (1985) Pod retention and seed yield of beans in response to chemical foliar applications. *HortScience*, 20: 429-30.