

RESPOSTA DO FEIJÓEIRO IRRIGADO A BORO, ZINCO E MOLIBDÊNIO

PEDRO MARQUES DA SILVEIRA¹
JOSÉ FLÁVIO DYNIA¹
FRANCISCO JOSÉ PFEILSTICKER ZIMMERMANN²

RESUMO - Estudou-se, em condições de campo, em um latossolo vermelho-amarelo do município de Jussara (GO), a resposta do feijoeiro irrigado por aspersão à adubação com diferentes doses de boro (ácido bórico, 17,5% B), zinco (sulfato de zinco, 23% Zn) e molibdênio (molibdato de amônio, 54% Mo). Foram testadas as doses de 1,75; 3,50 e 5,25 kg/ha de boro, 4,6; 6,9 e 9,2 kg/ha de zinco, e 0,27; 0,54 e 0,81 kg/ha de molibdênio, aplicados no sulco em mistura com a adubação básica de plantio. O molibdênio foi aplicado ainda via foliar nas doses de 10, 20

e 30 g/ha. Uma testemunha sem micronutriente completou os tratamentos. O rendimento e o número de plantas/m decresceram linearmente com o aumento das doses de B. O Zn só afetou significativamente o número de grãos/vagem e o peso de 100 grãos. Ambos os parâmetros mostraram aumento linear com o aumento das doses de Zn. O rendimento e o peso de 100 grãos aumentaram linearmente com o aumento das doses de Mo aplicadas ao solo. A aplicação foliar deste nutriente, nas doses utilizadas, não afetou o rendimento de grãos.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Adubação, nutrição, micronutrientes, pivô central.

RESPONSE OF IRRIGATED COMMON BEAN TO BORON, ZINC AND MOLYBDENUM

ABSTRACT - A field experiment was carried out in a yellow red Latosol texture sandy clay loam at Jussara - GO with the objective to determine the response of irrigated common bean to boron (boric acid, 17.5% B), zinc (zinc sulphate, 23% Zn) and molybdenum (ammonium molybdate, 54% Mo). Boron and zinc levels were 1.75, 3.50, 5.25 kg/ha and 4.6, 6.9, 9.2 kg/ha respectively. Molybdenum levels with band or foliar application were 0.27, 0.54, 0.81 kg/ha and 10, 20 and 30 g/ha,

respectively. All treatments were compared to a control without micronutrient application. Grain yield and plants per meter decreased with increasing boron levels the use of Zinc showed a significant effect on number of grains per pod and 100 grains weight. Grain yield and 100 grain weight were increased with increasing levels of molybdenum in the soil. Foliar application of molybdenum had no effect on grain yield.

INDEX TERMS: Fertilization, nutrition, micronutrient, center pivot.

INTRODUÇÃO

O uso de micronutrientes na agricultura brasileira se faz em geral de modo empírico. Frequentemente os agricultores aplicam vários, ou todos os micronutrientes, sem considerar as necessidades específicas das culturas ou a disponibilidade nos solos. Em muitos casos, alguns deles podem ser desnecessários, o que leva a um aumento do custo de produção, além do risco de ocorrerem desbalanços nutricionais no solo ou mesmo uma possível toxidez dos mesmos.

Nos solos de cerrado, dentre os micronutrientes, a deficiência de zinco é quase que generalizada (Lopes e Cox, 1977). No entanto, quando submetidos a cultivo intensivo, tais solos podem apresentar também deficiências de boro e molibdênio (Lopes, 1986). Isto se deve a que, em geral, os solos tropicais muito intemperizados, como são os de cerrado, geralmente ácidos, apresentam naturalmente baixa disponibilidade daqueles nutrientes (Salazar, 1965).

A deficiência de boro é mais provável de ocorrer em solos de textura leve, com baixos teores de argila e de matéria orgânica (Malavolta et al., 1967), enquanto a deficiência de molibdênio pode ocorrer nos de textura leve, mas particularmente em solos ricos em óxidos de ferro (Lucas e Knezek, 1972).

Na cultura do feijoeiro, respostas positivas à adubação com molibdênio e/ou boro já foram observadas em diferentes regiões do país, em áreas de latossolos e podzólicos (Braga, 1972; Junqueira Netto et al., 1977; Buzetti et al., 1982). Por outro lado, também existem registros de ausência de resposta da cultura à aplicação de molibdênio, em latossolos distróficos de Minas Gerais (Machado et al., 1979) e Goiás (Embrapa, 1985).

As recomendações de aplicação de zinco, boro e molibdênio na cultura do feijoeiro são baseadas em resultados de escassos trabalhos de pesquisa. No caso de comprovada deficiência, as recomendações podem ser de 4,6 a 6,9 kg/ha de zinco, 1,1 a 2,2 kg/ha de boro, e 0,19 a

1. Eng. Agr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Caixa Postal 179, CEP 74001-970, Goiania-GO, Bolsista do CNPq.
2. Eng. Agr., Ph.D., EMBRAPA/CNPAF.

0,39 kg/ha de molibdênio (Rosolem, 1987). Oliveira e Thung (1988), recomendam aplicação de 0,5 a 1,0 kg/ha de boro, na forma de borax ou de boratos.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito da aplicação dos micronutrientes boro zinco e molibdênio, na cultura do feijoeiro irrigado por aspersão, em um solo de cerrado de textura franco-argilo-arenosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, em latossolo vermelho-amarelo, textura franco-argilo-arenosa na fazenda Samambaia, Jussara-GO, em área irrigada pelo sistema pivô central, no ano de 1993. A Tabela 1 apresenta as características físicas e químicas do solo do estudo, o qual anteriormente havia sido cultivado com milho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 13 tratamentos, sendo três tratamentos com doses de boro, na forma de ácido bórico (17,5% B), três com doses de zinco, na forma de sulfato de zinco (23% Zn), seis com doses de molibdênio, na forma de molibdato de amônio (54% Mo) e uma testemunha sem micronutriente, com quatro repetições.

As doses de boro foram 1,75; 3,50 e 5,25 kg/ha (10, 20 e 30 kg/ha de ácido bórico) e as de zinco foram 4,6; 6,9 e 9,2 kg/ha (20, 30 e 40 kg/ha de sulfato de zinco), ambas aplicadas no solo em mistura com a adubação de base. As doses de molibdênio foram 0,27; 0,54 e 0,81 kg/ha (0,5; 1,0 e 1,5 kg de molibdato de amônio) aplicadas no solo e 10, 20 e 30 g/ha (18,5; 37,0 e 55,5 g/ha de molibdato de amônio) via foliar.

A adubação de base foi de 300 kg/ha da fórmula 4-30-10. O feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) foi plantado em maio com 17 sementes por metro e no espaçamento de 0,50 m entre linhas. Foi aplicado no sulco, por ocasião de plantio, carbofurân, na dose de 1kg i.a./ha.

As parcelas foram formadas por 6 fileiras de 5 m de

comprimento; como área útil utilizaram-se 4 fileiras internas, eliminando-se 0,5 m das extremidades.

A aplicação foliar do molibdênio foi feita 34 dias após o plantio, utilizando-se um pulverizador costal. Na ocasião também foram aplicados no solo 40 kg/ha de N, na forma de sulfato de amônio. Dez dias após a aplicação foliar do molibdênio, foram coletadas amostras da parte aérea das plantas dos diferentes tratamentos para análise química. Determinaram-se os teores de B, Zn e N na parte aérea da planta, respectivamente, nos tratamentos de adubação com boro, zinco e molibdênio.

Na colheita foram determinados a produção (REND) e os componentes da produção: nº de vagens por planta (NVP), nº de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100G) e nº de plantas por metro (NPM). Os dados foram submetidos a análise de variância e posteriormente, quando significativos, a análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os teores de N, Zn e B na parte aérea do feijoeiro, respectivamente, em função das doses de Mo, Zn e B aplicadas. O Mo não teve efeito significativo sobre o teor de N na parte aérea do feijoeiro. A função do molibdênio nos sistemas enzimáticos de fixação do nitrogênio sugere que as plantas dependentes de simbiose, quando sujeitas à deficiência desse micronutriente, ficam carentes de nitrogênio. Barbosa Filho et al. (1979) averiguaram que a aplicação de Mo causou um aumento significativo na percentagem de N das folhas do feijoeiro. A adubação com Zn não influiu na concentração deste nutriente na planta e isto pode ser explicado pelo alto teor de Zn já existente no solo (Tabela 1). Teores de zinco no solo acima de 4 mg/kg são considerados suficientes para A adubação com Zn não influiu na concentração deste

TABELA 1. Características físicas e químicas de amostra do solo utilizado.

. Areia %	69
. Silte %	9
. Argila %	22
pH em água (1:2,5)	6,0
Ca ²⁺ (cmol _C /dm ³ de solo) ¹	3,0
Mg ²⁺ (cmol _C /dm ³ de solo) ¹	1,4
P (mg/kg) ²	17,2
K (mg/kg) ³	62,0
B (mg/kg) ³	0,4
Cu (mg/kg) ²	1,2
Fe (mg/kg) ²	84
Mn (mg/kg) ²	43
Zn (mg/kg) ²	12,1

¹Extrator KCl 1N.

²Extrator de Mehlich.

³HCl 0,2 N.

nutriente na planta e isto pode ser explicado pelo alto teor de Zn já existente no solo (Tabela 1). Teores de zinco no solo acima de 4 mg/kg são considerados suficientes para a cultura (Oliveira e Thung, 1988).

A adubação com Zn não influiu na concentração deste nutriente na planta e isto pode ser explicado pelo alto teor de Zn já existente no solo (Tabela 1). Teores de zinco no solo acima de 4 mg/kg são considerados suficientes para O B teve efeito significativo, linear ($P \leq 0,01$) sobre o seu teor na planta (Figura 1). O teor de B na parte aérea da planta aumentou com o aumento da dose aplicada no solo, atingindo o valor de 156 mg/kg na dose mais alta. O nível adequado na planta varia de 100-150 mg/kg (Rosolem, 1987).

O rendimento de grãos, nº de plantas/m, nº de vagens/planta, nº de grãos/vagem e peso de 100 grãos de feijão em função das doses de boro, zinco e molibdênio aplicadas são apresentados na Tabela 3. A análise de variância mostrou efeito significativo do boro sobre o rendimento de grãos (linear, $P \leq 0,01$), número de plantas/m (quadrático, $P \leq 0,01$), número de vagens/planta (linear, $P \leq 0,01$) e peso de 100 grãos (quadrático, $P \leq 0,01$). A análise de regressão mostrou que o rendimento de grãos (Figura 2) e o número de plantas/m (Figura 3) decresceram com o aumento da dose de boro aplicada no solo. As doses deste nutriente foram prejudiciais ao rendimento da cultura, não pelos teores de B alcançados na parte aérea da planta mas, principalmente, pela drástica redução no número de plantas/m. A adubação com boro, naquelas doses, afetou a germinação das sementes e por conseguinte o 'stand' da cultura. A faixa de variação entre deficiência e excesso de B é relativamente estreita; daí a necessidade de se distribuir o elemento de modo uniforme no solo para

evitar dano às plantas. Quando o boro é aplicado junto com os adubos, aparentemente não reage com os componentes da mistura e assim a concentração de B no solo perto do grânulo pode ser muito alta. Concentrações maiores que 10 mg/kg no solo foram prejudiciais às raízes de milho e de soja (Malavolta, 1981).

O zinco só teve efeito significativo, linear, sobre o número de grãos por vagem ($P \leq 0,05$) e sobre o peso de 100 grãos ($P \leq 0,05$). Estes dois componentes aumentaram com o aumento de dose de zinco aplicada no solo. A equação de regressão entre o nº de grãos por vagem e a dose de zinco é: $NGV = 5,9 + 0,071 \text{ Zn}$ ($r^2 = 0,98^{**}$) e a do peso de 100 grãos é: $P100G = 22,91 + 0,233 \text{ Zn}$ ($r^2 = 0,81^*$). O efeito não significativo do Zn sobre a produção de grãos pode ser explicado pelo alto teor de Zn existente no solo, igual a 12,1 mg/kg (Tabela 1). Apesar deste resultado, lavouras de feijão irrigado do produtor, anexas a área experimental, continuam a receber, sistematicamente, adubação com esse micronutriente. De acordo com Fageria (1989), teor de Zn no solo maior que 3 mg/kg, pelo extrator de Mehlich, é considerado alto. Laun (1975) também não encontrou efeito positivo na produção do feijoeiro com a adição de Zn ao solo.

O molibdênio aplicado no solo teve efeito significativo, linear, sobre o rendimento de grãos ($P \leq 0,05$) e peso de 100 grãos ($P \leq 0,01$). O rendimento de grãos e o peso de 100 grãos cresceram com o aumento da dose de Mo aplicada no solo, segundo as equações: $REND = 1632,3 + 672,4 \text{ Mo}$ ($r^2 = 0,73^*$) e $P100G = 23,15 + 2,87 \text{ Mo}$ ($r^2 = 0,93^{**}$). Braga (1972), estudando a resposta do feijoeiro cultivar Rico-23 à aplicação de Mo no solo, também encontrou resposta significativa do elemento sobre a produção de grãos da cultura.

TABELA 2. Teores de N, Zn e B na parte aérea do feijoeiro, em função das doses de boro, zinco e molibdênio aplicadas, respectivamente.

Nutriente	Quantidade Aplicada		Teor na parte aérea da planta		
	Solo (kg/ha)	Foliar (g/ha)	N (g/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
Boro	0 ¹		3.29	60	40
	1,75		-	-	64
	3,50		-	-	118
	5,25		-	-	156
Zinco	0 ¹		3.29	60	40
	4,60		-	57	-
	6,90		-	65	-
	9,20		-	61	-
Molibdênio	0 ¹		3.29	60	40
	0,27		3.28	-	-
	0,54		3.10	-	-
	0,81		3.22	-	-
Molibdênio	0 ¹		3.29	60	40
	10		3.49	-	-
	20		3.49	-	-
	30		3.50	-	-

¹ Dados referentes ao tratamento testemunha.

TABELA 3. Rendimento de grãos, número de plantas/m, número de vagens/planta, número de grãos/vagem e peso de 100 grãos de feijão em função das doses de boro, zinco e molibdênio aplicadas.

Nutriente	Quantidade Aplicada		Produti-vidade (kg/ha)	Nº de Plantas/m	Nº de Vagens/ Planta	Nº de Grãos/ Vagem	Peso de 100 grãos (g)
	Solo (kg/ha)	Foliar (g/ha)					
Boro	0 ¹		1542	11,0	6,9	5,9	22,9
	1,75		1231	7,3	7,9	6,2	24,2
	3,50		922	5,5	9,0	6,3	25,4
	5,25		734	4,1	9,9	6,2	22,8
Zinco	0 ¹		1542	11,0	6,9	5,9	22,9
	4,60		1284	10,5	6,3	6,2	24,3
	6,90		1410	10,5	6,2	6,4	33,0
	9,20		1475	11,0	6,7	6,6	25,4
Molibdênio	0 ¹		1542	11,0	6,9	5,9	22,9
	0,27		1860	11,9	7,3	6,1	24,2
	0,54		2174	12,3	8,2	6,4	24,9
	0,81		2043	12,4	7,7	6,3	25,3
Molibdênio	0 ¹		1542	11,0	6,9	5,9	22,9
	10		1699	11,9	7,1	6,1	24,6
	20		1925	11,0	8,3	6,4	25,0
	30		1868	11,4	7,8	6,4	23,8
C.V. %			21,9	11,1	15,1	6,9	4,9

¹ Dados referentes ao tratamento testemunha.

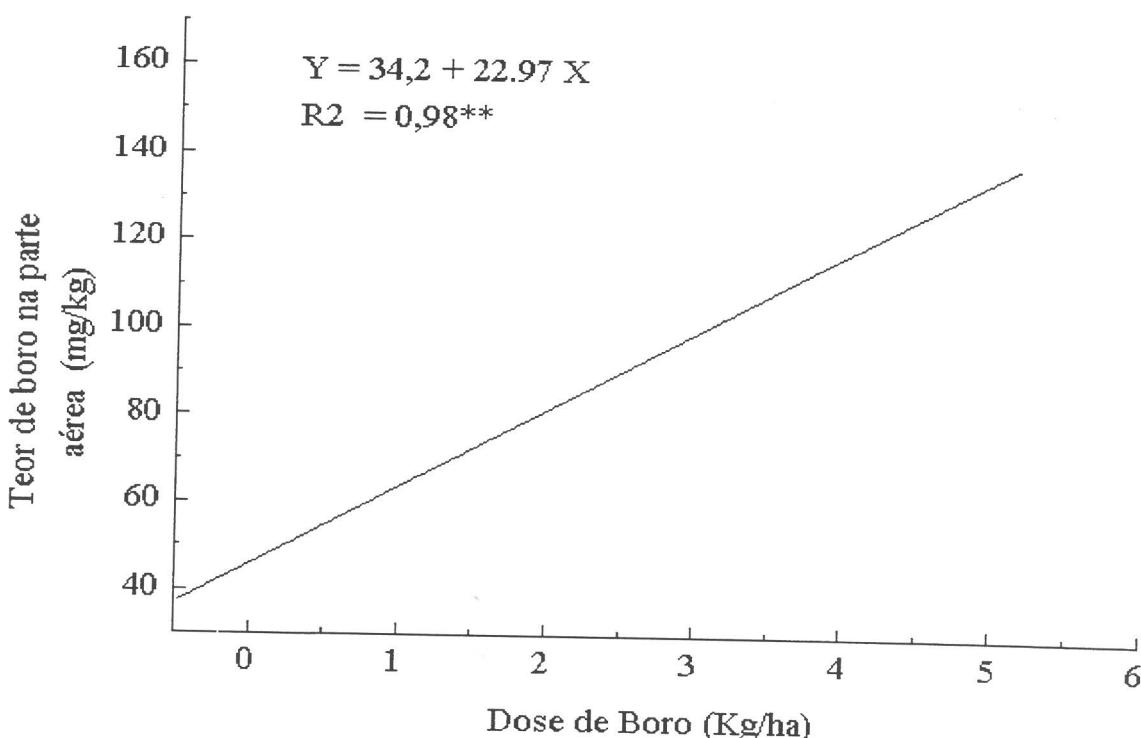


FIGURA 1. Teor de Boro na parte aérea da planta em função da dose de boro aplicada no solo.

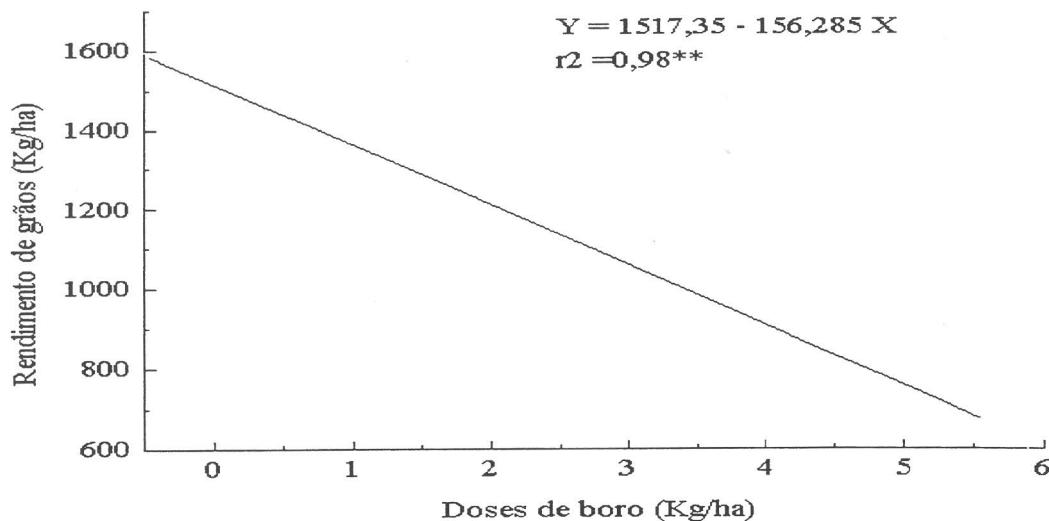


FIGURA 2. Rendimento de grãos de feijão, em kg/ha, em função da dose de boro aplicada no solo.

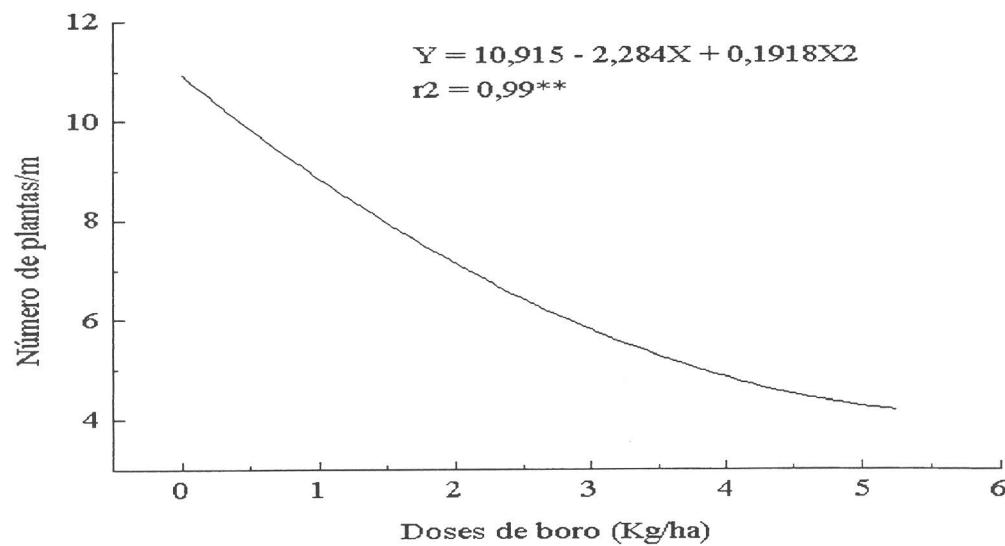


FIGURA 3. Número de plantas/m em função da dose de boro aplicada no solo

Esse resultado de diminuição de rendimento de grãos adverte sobre a adoção de algumas recomendações de adubação com boro, existentes na literatura, sem levar em consideração a ocorrência de sintomas de deficiência na planta ou o seu teor no solo. Braga (1972) encontrou respostas positivas do feijoeiro à aplicação de boro, em um solo podzólico vermelho-amarelo de Minas Gerais. Esse autor usou as doses de 0,23; 0,46 e 0,69 kgB/ha e encontrou uma resposta linear ao boro. Já Laun (1975) não encontrou resposta do feijoeiro a adição de boro nas doses

de 1, 2, 3, 4, 5 kg B/ha.

O número de vagens/planta aumentou com o aumento da dose de boro (Figura 4). Houve o efeito de compensação, ou seja, no menor número de plantas/m ocorreu o maior número de vagens por planta. A relação quadrática entre o peso de 100 grãos e a dose de boro aplicada ($P100G = 22,714 + 1,708B - 0,3164B^2$, $r^2 = 0,84^*$) mostram que este componente da produção atingiu um máximo com a dose de 2,7 kg B/ha.

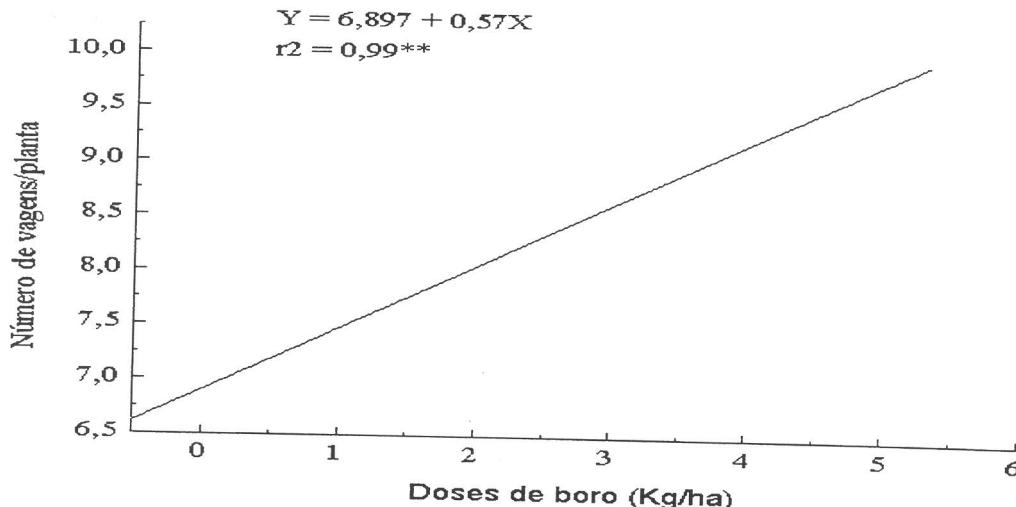


FIGURA 4. Número de plantas/m em função da dose de boro aplicada no solo.

A aplicação foliar de molibdênio não teve efeito significativo sobre a produtividade. Este resultado está de acordo com Araújo (1977), que avaliou a influência de Mo aplicado por aspersão foliar a duas variedades de feijão, nas doses de 10, 20 e 30 g/ha, e não encontrou efeito significativo do elemento sobre a produção. Também Vieira (1993) não encontrou efeito positivo do Mo, com a aplicação foliar de 20g/ha, sobre o rendimento do feijão irrigado na região de Paracatu-MG.

Áreas de feijoeiro irrigado pelo sistema pivô central têm recebido, de modo geral, altas dosagens de macro e micronutrientes, em cada ciclo de cultivo. Nessas condições, é pouco provável que haja resposta da cultura a doses de molibdênio aplicadas via foliar, iguais às do presente estudo.

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

CONCLUSÕES

a) O rendimento de grãos e o número de plantas/m decresceram, e o número de vagens/planta cresceu com o aumento da dose de boro aplicada no solo.

b) O zinco só teve efeito significativo sobre o número de grãos/vagem e sobre o peso de 100 grãos.

c) O rendimento de grãos e o peso de 100 grãos cresceram com o aumento da dose de molibdênio aplicada no solo.

d) A aplicação foliar de molibdênio não teve efeito sobre o rendimento de grãos do feijoeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, G.A. de A. Influência do molibdênio e do

nitrogênio sobre duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) Viçosa: UFV, 1977. 30p. (Tese Mestrado em Fitotecnia).

BARBOSA FILHO, M.P.; JUNQUEIRA NETO, A.; GUEDES, G.A.A.; RESENDE, P.M. Efeitos de idade, fósforo, molibdênio e cobalto no teor percentual de nitrogênio em diferentes partes do feijoeiro-comum. *Ciência e Prática*, Lavras, v.3, n.2, p.107-116, 1979.

BRAGA, J.M. Resposta do feijoeiro "Rico 23" a aplicação de enxofre, boro e molibdênio. *Revista Ceres*, Viçosa, v.19, n.103, p.222-226, 1972.

BUZETTI, S.; SÁ, M.E. de; MORELLO, S.; DEZIDÉRIO, N.D. Efeitos de micronutrientes na cultura do feijoeiro cv. Carioca. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. *Anais...* Goiânia: EMBRAPA-CNPaf, 1982. p.173-175. (EMBRAPA-CNPaf. Documentos, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. *Relatório científico do CNPaf/1984*. Goiânia, 1985. p.162-196.

FAGERIA, N.K. *Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas*. Brasília: EMBRAPA-DPU, 1989. 425p. (Documentos, 18).

JUNQUEIRA NETTO, A.; SANTOS, O.S. dos; AIDAR, H.; VIEIRA, C. Ensaios preliminares sobre a aplicação de molibdênio e de cobalto na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) *Revista Ceres*, Viçosa, v.24, n.136, p.628-633, 1977.

- LAUN, C.R.P. **Efeitos da aplicação de zinco e boro em solos sob vegetação de cerrado.** Piracicaba: ESALQ, 1975. 120p. (Tese Mestrado).
- LOPES, A.S. Micronutrientes nos solos e culturas brasileiras. In: SEMINÁRIO P, Ca, Mg, S E MICRONUTRIENTES: situação atual e perspectivas na agricultura, 1984. **Anais...** São Paulo: Manah, 1986. p.110-141.
- LOPES, A.S.; COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under "cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.41, n.4, p.742-747, 1977.
- LUCAS, R.E.; KNEZEK, B.D. **Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants.** In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (eds). **Micronutrients in agriculture.** Madison: SSSA, 1972. p.265-283.
- MACHADO, J. dos S.; JUNQUEIRA NETTO, A.; GUEDES, G.A. de A.; REZENDE, P.M. de. Efeitos de fósforo, molibdênio e cobalto sobre o feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em Oxisolos. **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.2, p.101-106, 1979.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola; adubos e adubação.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais.** São Paulo: Pioneira, 1967. 251p.
- OLIVEIRA, I.P. de; THUNG, M.D.T. **Nutrição mineral.** In: ZIMMERMANN, M.J. de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.175-212.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro.** Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93p. (Boletim Técnico, 8).
- SALAZAR, C.E. Factors affecting nodulation in the tropic. **Turrialba**, Costa Rica, v.15, n.3, p.252-253, 1965.
- VIEIRA, R.F. Efeito do molibdênio, cobalto e inoculante sobre a cultura do feijão em Paracatu e São Gonçalo do Abaeté, M.G. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. (Resumo, 127).