

GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE MILHO, EM RESPOSTA AO TRATAMENTO DE SEMENTES COM BORO⁽¹⁾

A. C. S. PESSOA^(2†), E. B. LUCHESE⁽³⁾ & A. V. LUCHESE⁽⁴⁾

RESUMO

O fornecimento de boro (B) às plantas pode ser feito no solo, por aplicação foliar ou por tratamento de sementes. O tratamento de sementes apresenta vantagens, tais como: uniformidade de aplicação, bom aproveitamento pela planta e redução dos custos de aplicação. Teoricamente, a reserva inicial de B pode ser aumentada pela aplicação nas sementes. No entanto, concentrações altas de sais nas sementes interferem na germinação. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a germinação das sementes tratadas com doses crescentes de B e estimar a dose máxima que pode ser aplicada nas sementes sem afetar a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas de milho. No primeiro experimento, os tratamentos constituíram-se das doses 0; 1; 2; 3 e 4 g kg⁻¹ de B aplicadas nas sementes. A partir dos resultados obtidos neste experimento, definiu-se o segundo experimento com os tratamentos de sementes nas doses 0; 0,05; 0,10; 0,20 e 0,30 g kg⁻¹ de B. Pelos resultados obtidos, verificou-se que sementes tratadas com doses superiores a 0,04 g kg⁻¹ de B apresentaram menor desenvolvimento inicial das plantas. Esses efeitos foram mais acentuados com o aumento das doses de B. Doses de B iguais ou superiores a 0,20 g kg⁻¹ reduziram e atrasaram a germinação, tendo sido a dose de 4 g kg⁻¹ de B tóxica às sementes, não ocorrendo a germinação. Concentrações na parte aérea superiores a 300 mg kg⁻¹ de B proporcionaram plantas com sintomas visuais de toxidez, caracterizados por coloração rosada, progredindo para coloração esbranquiçada das plantas.

Termos de indexação: micronutrientes, sementes, *Zea mays*.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado na XXIII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas (FertBio-98), Caxambu, 11 a 16 de outubro de 1998. Recebido para publicação em maio de 1999 e aprovado em julho de 2000.

⁽²⁾ Professor Assistente do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE. Rua Pernambuco 1777. CEP 85960-000 - Marechal Cândido Rondon (PR).

⁽³⁾ Professor Adjunto do Departamento de Agronomia da UNIOESTE.

⁽⁴⁾ Acadêmico de Agronomia, UNIOESTE.

SUMMARY: *GERMINATION AND INITIAL DEVELOPMENT OF CORN SEEDLINGS AS A RESULT OF THE TREATMENT OF SEEDS WITH BORON*

The boron supply to plants can be accomplished by the soil, by foliar application or by treatment of the seeds. Seed treatment advantages are: application uniformity, readiness for plant use and reduction of the application costs. Theoretically, the initial reserve of boron can be increased by application in the seeds. However, high boron concentrations close to the seeds interfere with germination. The objective of this experiment was to evaluate the germination of seeds treated with increasing doses of B and to estimate the maximum dose that can be applied to the seeds without affecting the germination and the initial development of corn seedlings. In the first experiment, the treatments of seeds were constituted by doses of 0; 1; 2; 3 and 4 g kg⁻¹ boron. Starting from the results obtained in this experiment, the second experiment was defined with the treatments of seeds with doses of 0.00, 0.05, 0.10, 0.20 and 0.30 g kg⁻¹. The results indicated that seeds which did not receive boron had 96% germination of 5 days after the planting. However, the seeds treated with doses above 0.04 g kg⁻¹ of boron decreased their initial development. Those effects were more accentuated with the increase in the doses of boron. The dose 4 g kg⁻¹ boron caused toxicity to the seeds, which did not germinate. Boron concentration superior to 300 mg kg⁻¹ provided plants with visual symptoms of boron toxicity, characterized by a rosy coloration leading to pale coloration of the seedlings.

Index terms: micronutrient, seeds, Zea mays.

INTRODUÇÃO

Na maioria das regiões produtoras de milho no Brasil, o problema tem sido a baixa produtividade, que, provavelmente, tem as suas causas nos métodos culturais inadequados, nas variações climáticas, principalmente a deficiência hídrica, em problemas fitossanitários e no esgotamento progressivo da fertilidade do solo, visto ser essa uma cultura extratora de nutrientes e exigente quanto ao manejo da fertilidade do solo.

Estudos realizados nas mais diferentes regiões produtoras têm demonstrado deficiências de micronutrientes no solo (Lopes & Carvalho, 1988). O zinco, o cobre e o boro são os micronutrientes relatados com maior probabilidade de apresentarem deficiência, principalmente para os solos do Cerrado, os quais afetam, em alguns casos, drasticamente, a produção do milho nessa região (Galvão & Mesquita, 1981). Entretanto, mesmo onde os micronutrientes não apresentam problemas, como na região Oeste do Paraná, já existem indícios de deficiência (Sfredo et al., 1997).

Sabe-se que a gravidade do problema de deficiência de micronutrientes como fator limitante à produtividade é altamente variável de cultura para cultura e até mesmo entre variedades de uma mesma cultura e de solo para solo. Os efeitos podem ser de pequenas reduções na produtividade e passarem despercebidos, até total insucesso na produção, como no caso das deficiências de zinco e

de boro em milho e arroz, cultivados no cerrado brasileiro (Galvão et al., 1978; Galvão & Mesquita Filho, 1981; Lopes & Carvalho, 1988; Ribeiro, 1993; Santos & Ribeiro, 1994), e da deficiência de molibdênio, em feijoeiro na Zona da Mata de Minas Gerais (Pessoa, 1998).

O aumento progressivo da produtividade do milho, resultante do uso intensivo de técnicas agrícolas modernas, vem ocasionando crescente retirada de micronutrientes, sem que se estabeleça uma reposição adequada. Aliados a esse fato, a correção errada da acidez, comum para a cultura do milho em plantio direto, e o manejo inadequado dos solos, provocando a diminuição acentuada nos teores de matéria orgânica, podem estar diminuindo a disponibilidade de micronutrientes (Lopes & Carvalho, 1988) e, conseqüentemente, a produtividade do milho. Assim, a carência de micronutrientes na adubação poderia ser uma das causas da menor produtividade em nossas condições (Malavolta et al., 1997), pois a deficiência agiria como fator limitante (Pessoa et al., 1996).

Como as quantidades de micronutrientes exigidas pelas plantas são diminutas (Marschner, 1986; Mengel & Kirkby, 1987), sua aplicação via tratamento de sementes por peletização constitui forma prática e eficaz de correção de deficiências (Cheng, 1985; Parducci et al., 1989; Ribeiro & Santos, 1991), além de apresentar as vantagens de maior uniformidade na distribuição, economia de recursos e redução de custos de matéria-prima, transporte e aplicação (Ribeiro & Santos, 1996).

O tratamento de sementes com micronutrientes tem como princípio, para a sua eficiência, a translocação desses micronutrientes aplicados na semente para a futura planta (Cheng, 1985). Assim, os teores iniciais de micronutrientes das sementes podem ser aumentados e serem uma importante fonte para a nutrição futura da planta oriunda dessas sementes enriquecidas (Pessoa et al., 1996).

Entretanto, doses altas de sais aplicadas às sementes podem ser tóxicas, visto que são comuns os relatos de agricultores, que usaram inoculantes à base de micronutrientes como tratamento de sementes de milho, sobre a diminuição e atraso na germinação, diminuindo o estande de lavoura e, conseqüentemente, a produtividade. Possivelmente, esses efeitos ocorrem por causa da baixa uniformidade de distribuição dos micronutrientes e, ou, aplicação de dose tóxica para as sementes.

A partir dessas considerações, aventou-se a hipótese de aplicar boro na forma de tratamento de sementes do milho, visando aumentar a disponibilidade inicial de boro. No entanto, para isso, é preciso saber a quantidade ideal que pode ser aplicada na semente sem causar distúrbios fisiológicos no processo germinativo.

Assim, objetivou-se determinar a dose máxima de boro que as sementes toleram sem afetar a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas; avaliar a produção de matéria seca da parte aérea e de raízes, bem como o teor de boro das plantas de milho cujas sementes receberam doses crescentes de boro.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos na Universidade Estadual do Oeste do Paraná em condições de casa de vegetação. No primeiro experimento, os tratamentos de sementes constituíram-se das doses 0; 1; 2; 3 e 4 g kg⁻¹ de B aplicadas às sementes. A partir dos resultados obtidos, definiram-se as doses para o segundo experimento em 0; 0,05; 0,10; 0,20 e 0,30 g kg⁻¹ de B, visto que a menor dose de boro do primeiro experimento já causou grande fitotoxidez às plantas de milho. Os experimentos foram em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

O tratamento das sementes foi realizado com ácido bórico diluído em água destilada, usando-se 12 mL para cada kg de semente. O contato semente solução aconteceu minutos antes da semeadura. Em ambos os experimentos, cinquenta sementes de milho híbrido Cargil 125, tratadas com cada dose de boro, foram uniformemente distribuídas em bandejas plásticas de 50 x 30 x 10 cm que continham areia lavada com água destilada. Foi adicionada água suficiente para ocorrer a germinação. A reposição da umidade com água destilada foi feita diariamente durante todo o período de avaliação.

Nos dois experimentos, foram avaliados a percentagem de germinação, o tempo decorrido desde a semeadura até à germinação, o desenvolvimento de plantas por meio da produção de matéria seca da parte aérea (folhas mais caule) e raízes e o peso dos restos de sementes após a colheita do experimento. A concentração e o teor de boro nas plantas de milho foram avaliados somente no segundo experimento. A coleta da parte aérea foi feita aos 18 dias e aos 10 dias da semeadura para o primeiro e segundo experimento, respectivamente. As plantas de milho coletadas foram divididas em parte aérea (folhas mais caule), raízes e restos de sementes; posteriormente, foram colocadas para secar a 65°C em estufa com circulação de ar até peso constante e determinada a produção de matéria seca. A matéria seca da parte aérea e as raízes foram moídas, homogeneizadas e amostras de 1 g foram submetidas à digestão via seca (Tedesco et al., 1985), sendo o boro determinado pelo método de Colorimetria da Azometina H (Malavolta et al., 1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Foi utilizada análise de regressão para estimar a dose máxima de boro que proporcione boa germinação e desenvolvimento inicial das plantas. A dose de máxima eficiência técnica foi estimada ao igualar a primeira derivada a zero, que estima a produção máxima de matéria seca de folhas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Pelos resultados obtidos (Quadro 1), verificou-se que as sementes que não receberam boro tiveram germinação de 96% num tempo máximo de cinco dias após a semeadura. Entretanto, as sementes tratadas com doses crescentes de boro diminuíram e atrasaram a germinação, apresentaram desuniformidade na germinação e menor desenvolvimento inicial das plantas, tendo sido esses efeitos mais acentuados com o aumento das doses de B.

Sementes tratadas com 1 g kg⁻¹ de B atingiram 56% de germinação, avaliadas durante um período de 16 dias, após o qual não ocorreu germinação, evidenciando sintomas visuais de fitotoxidez de boro, caracterizados por uma coloração rosada, progredindo para coloração esbranquiçada das plantas (Figura 1).

Nas doses de 2 e 3 g kg⁻¹ de B, a germinação foi baixa, sendo inferior a 10%, com plantas apresentando sintomas similares aos já descritos.

Pelos resultados obtidos, todas as doses causaram fitotoxidez às sementes em germinação. Na dose de 4 g kg⁻¹ de B, não ocorreu germinação (Figura 1), possivelmente, em decorrência dos danos causados no embrião da semente.

Quadro 1. Percentagem de germinação, tempo máximo para germinação, produção de matéria seca de parte aérea e de raízes e de matéria seca dos restos de sementes após a coleta de plântulas de milho obtidas da germinação de 50 sementes tratadas com doses crescentes de boro

Boro	Germinação	Tempo germinação	MS folha	MS raiz	MS resto de semente
g kg ⁻¹	%	dias	g	g	g
0,0	96	05	2,78	9,29	4,14
1,0	56	16	1,65	2,41	8,59
2,0	10	16	0,67	0,30	11,67
3,0	07	16	0,62	0,31	11,74
4,0	00	16	0,00	0,00	12,66
C.V. (%)	-	-	25,72	57,09	8,39
RL	-	-	0,92**	0,69**	0,83**
RQ	-	-	0,97**	0,96**	0,98**
RC	-	-	0,99 ^{ns}	0,99**	0,99 ^{ns}

^{ns} e ** Não-significativo e significativo a 1%.

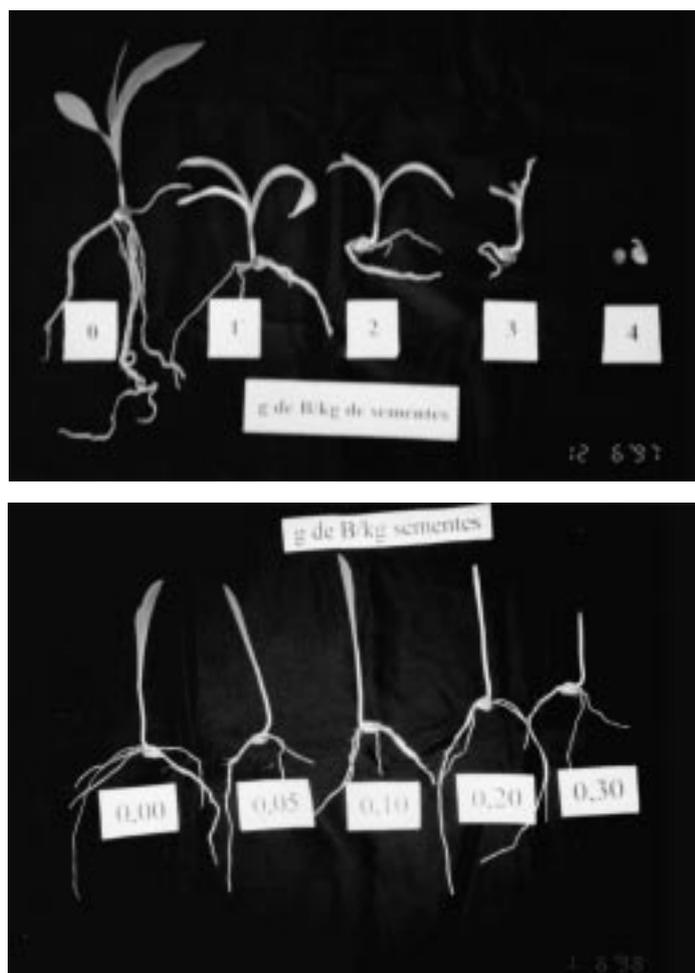


Figura 1. Plantas de milho cujas sementes receberam doses crescentes de boro. Foto superior: plantas cujas sementes receberam 0, 1, 2, 3 e 4 g kg⁻¹ de B. Foto inferior: plantas cujas sementes receberam as doses de 0,00; 0,05; 0,10; 0,20 e 0,30 g kg⁻¹ de B, respectivamente da esquerda para a direita.

Os resultados do experimento 1 evidenciaram que a dose máxima de boro suportada pelas sementes de milho, sem afetar a germinação e o desenvolvimento inicial de plantas, está abaixo de 1 g kg^{-1} de B. Assim, decidiu-se realizar um segundo experimento, usando doses menores que $0,3 \text{ g kg}^{-1}$ de B.

Experimento 2

Pelos resultados obtidos no segundo experimento, verificou-se que as sementes que não receberam boro tiveram germinação de 90% num tempo máximo de quatro dias após a semeadura (Quadro 2). Já as sementes tratadas com doses de boro iguais ou superiores a $0,2 \text{ g kg}^{-1}$ de B apresentaram diminuição e atraso na germinação com menor produção de matéria seca de folhas e raízes (Figura 2); desuniformidade no processo germinativo originaram plantas com sintomas visuais de fitotoxidez de boro, caracterizados por uma coloração esbranquiçada das plantas (Figura 1). Tais efeitos foram mais acentuados com o aumento das doses de boro.

A dose máxima (Máxima Eficiência Física) de boro suportada pelas sementes de milho, sem apresentar fitotoxidez de boro e ocorrer atrasos no processo germinativo, foi de $0,04 \text{ g kg}^{-1}$ de B. Essa dose foi obtida ao igualar a primeira derivada a zero, que estima a produção máxima de matéria seca da parte aérea.

A concentração de boro na parte aérea das plantas aumentou com as doses aplicadas nas sementes (Figura 3), evidenciando a alta absorção desse nutriente durante o processo de embebição das sementes. Com a aplicação da dose de $0,3 \text{ g kg}^{-1}$ de B nas sementes na parte aérea das plantas, foram detectados teores de boro superiores a 300 mg kg^{-1} .

O boro é absorvido na faixa de pH entre 4 e 8, na forma de ácido bórico e, ou, de borato (Malavolta et al., 1997). A forma aplicada nas sementes foi ácido bórico, o qual, aparentemente em solução, moveu-se para as sementes em embebição pelo fluxo de água,

Quadro 2. Percentagem de germinação e tempo máximo para germinação de sementes de milho oriundo de sementes tratadas com doses crescentes de boro. Resultados obtidos da germinação de 50 sementes

Boro	Germinação	Tempo de germinação
g kg^{-1}	%	dias
0,00	90	04
0,05	93	04
0,10	92	04
0,20	86	06
0,40	80	08

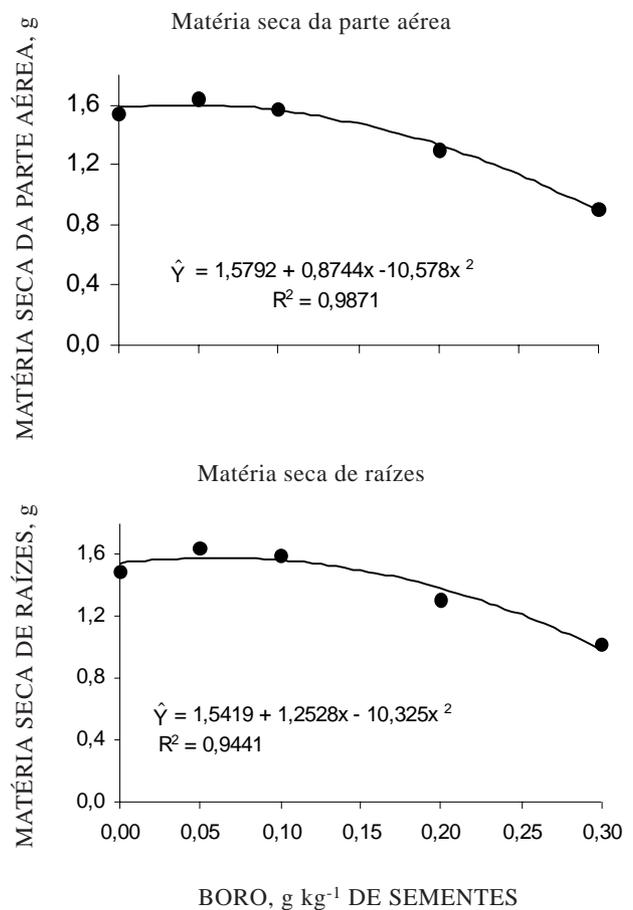


Figura 2. Produção de matéria seca da parte aérea e raízes de milho em resposta ao tratamento de sementes com boro. Resultados obtidos da germinação de 50 sementes. Os coeficientes da equação foram significativos a 1% pelo teste T.

até que ocorresse um equilíbrio entre as concentrações do elemento nas sementes em germinação e na solução. Já o transporte do boro a longa distância, das raízes até às folhas, via xilema, relacionou-se com o fluxo de massa da água de transpiração (Marschner, 1986; Mengel & Kirkby, 1987). É possível que, graças à absorção passiva do boro, ocupando volume da semente definido pelos espaços intercelulares, parede celular e superfície externa da plasmalema, quantidades tóxicas tenham sido absorvidas pelas sementes e radículas em desenvolvimento quando a concentração de boro na solução do solo foi alta. Assim, doses de boro superiores a $1,0 \text{ g kg}^{-1}$ aplicadas às sementes causaram sérios problemas de fitotoxidez (Figura 1).

Nesses experimentos, ficou evidente que a concentração inicial de boro nas sementes em germinação pode ser aumentada (Figura 3) e como a semente em germinação não tem mecanismos fisiológicos eficientes para controlar a entrada de

boro, via embebição da semente, que ocorre passivamente, concentrações tóxicas desse elemento podem-se acumular e causar fitotoxidez, chegando até a matar o embrião, como ocorreu no experimento 1 (Figura 1 e Quadro 1).

Observou-se existir um limite estreito entre os teores de boro considerados suficientes para o bom crescimento e o nível tóxico (Marschner, 1986; Mengel & Kirkby, 1987; Malavolta et al., 1997). Portanto, sérios cuidados devem ser tomados quando se usar inoculante à base de micronutrientes que contenham boro como tratamento de sementes.

Ribeiro & Santos (1991), testando fontes de zinco e boro na forma de sais e boro da marca comercial Biocrop aplicadas às sementes de milho, na dose recomendada pelo fabricante, não encontraram diferenças entre a testemunha e as sementes tratadas quanto à germinação. No entanto, relatos de agricultores na região oeste do Paraná, que usaram inoculantes à base de micronutrientes como tratamento de sementes de milho, evidenciaram a diminuição e o atraso da germinação, diminuindo o estande de lavoura e, conseqüentemente, a produtividade. Possivelmente, esses efeitos deveriam-se à falta de uniformidade de distribuição dos

micronutrientes e, ou, aplicação de dose tóxica para o embrião em desenvolvimento, como verificado no presente experimento.

A possibilidade de comercialização das sementes de milho, tratadas com micronutrientes, como o boro, em doses corretas, abre novas perspectivas, tendo em vista a oportunidade de as empresas produtoras de sementes colocarem no mercado sementes enriquecidas com o micronutriente, com garantia de germinação e vigor, e com a grande vantagem de eliminar possíveis erros na lavoura, pela aplicação de doses superestimadas que podem afetar a germinação.

CONCLUSÕES

1. Sementes de milho tratadas com doses crescentes de boro, superiores a $0,04 \text{ g kg}^{-1}$ de B, apresentaram menor desenvolvimento inicial das plantas e menor produção de matéria seca da parte aérea e raízes.

2. Concentrações de boro na parte aérea superiores a 300 mg kg^{-1} proporcionaram plantas com sintomas visuais de toxidez de boro.

3. O tratamento de sementes com boro aumentou a disponibilidade inicial de boro das futuras plantas oriundas dessas sementes enriquecidas com boro.

LITERATURA CITADA

- CHENG, T. The effect of seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. *Sci. Sinica*, 44:129-135, 1985.
- GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 5:167-170, 1981.
- GALRÃO, E.Z.; SUHET, A.R. & SOUZA, D.M.G. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa*, L.) em solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 2:129-132, 1978.
- LOPES, A.S. & CARVALHO, J.G. Micronutrientes: Critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiência e excessos. In: BORKERT, C.M. & LANTMANN, A.F., eds. Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.133-178.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 1986. 674p.
- MENDEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute, 1987. 667p.
- PARDUCCI, S.; SANTOS, O.S. & CAMARGO, R.P. Micronutrientes Biocrop. Campinas, Microquímica, 1989. 101p.

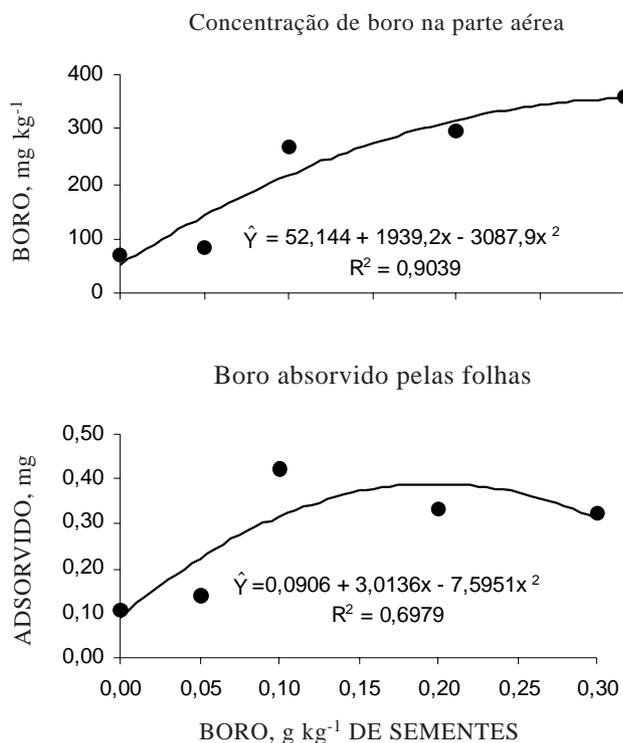


Figura 3. Concentração de boro e boro absorvido pelas folhas de milho em resposta ao tratamento de sementes com doses crescentes de boro. Resultados obtidos da germinação de 50 sementes. Os coeficientes da equação foram significativos a 1%.

- PESSOA, A.C.S. Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 151p. (Tese de Doutorado)
- PESSOA, A.C.S.; SANTOS, O.S.; BORTOLUZZI, A.L.; VEDUIN, J.V.R. & PILLON, C.N. Épocas e formas de aplicação de zinco em milho cultivado em solução nutritiva. Ci. Agric., 4:43-52, 1996.
- RIBEIRO, N.D. Germinação e vigor de sementes de milho tratadas com fontes de zinco e boro. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 83p. (Tese de Mestrado)
- RIBEIRO, N.D. & SANTOS, O.S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. Ci. Rural, 26:159-165, 1996.
- RIBEIRO, N.D. & SANTOS, O.S. Germinação de sementes de milho tratadas com fontes e doses de zinco e boro. Ci. Rural, 21:437-440, 1991.
- SANTOS, O.S. & RIBEIRO, N.D. Fontes de zinco aplicadas em sementes de milho, em solução nutritiva. Ci. Rural, 24:59-62, 1994.
- SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; NEPOMUCENO, A.L. & OLIVEIRA, M.C.N. Eficácia de produtos contendo micronutrientes, aplicados via semente, sobre produtividade e teores de proteína da soja. R. Bras. Ci. Solo, 21:41-45, 1997.
- TEDESCO, M.J.; WOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análise de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p. (Boletim técnico de solos, 5)

