



Pesquisa Agropecuária Tropical

ISSN: 1517-6398

pat@agro.ufg.br

Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos
Brasil

Garcia de Sousa, Gisele; Novelino, José Oscar; Quintão de Paula Scalon, Silvana; Estevão Marchetti, Marlene

CRESCIMENTO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO EM FUNÇÃO DE ADUBAÇÃO À BASE DE BORO E MATERIAL DE CUPINZEIRO

Pesquisa Agropecuária Tropical, vol. 41, núm. 2, abril-junio, 2011, pp. 170-178

Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos
Goiânia, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253022067011>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

CRESCIMENTO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO EM FUNÇÃO DE ADUBAÇÃO À BASE DE BORO E MATERIAL DE CUPINZEIRO¹

Gisele Garcia de Sousa², José Oscar Novelino²,
Silvana Quintão de Paula Scalón², Marlene Estevão Marchetti²

ABSTRACT

GROWTH OF PASSION FRUIT SEEDLINGS
ACCORDING TO BORON AND TERMITES MOUND
NEST MATERIAL FERTILIZING

For producing passion fruit seedlings, it is necessary to pay attention to the plant nutritional status, whose information about fertilizing with micronutrients such as boron are still scarce for tropical regions where fruit growing is increasing. The aim of this study was to evaluate the effects of boron (B) rates and termites mound nest material on growth components and concentration of B on yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) shoots, in a Red Distrophic Latosol. The experimental design was completely randomized, in a 5x4 factorial scheme, with five B doses (0 mg dm⁻³, 0.25 mg dm⁻³, 0.50 mg dm⁻³, 0.75 mg dm⁻³, and 1.00 mg dm⁻³) and four termites mound nest material rates (0 g dm⁻³, 25 g dm⁻³, 50 g dm⁻³, and 75 g dm⁻³), with four replications, totaling 80 experimental units. The experimental unit was composed of pots with up to 700 cm³ samples. The experiment was conducted in a greenhouse, in Dourados, Mato Grosso do Sul State, Brazil. The highest values for shoot dry matter yield, plant height, leaf area, stem diameter, and SPAD reading are obtained by a joint application of the maximum termites mound nest material dose and between the two highest B rates. The termites mound nest material was little effective as a B source to influence upon the growth components of passion fruit plants. The B concentrations on the yellow passion fruit shoots, for all termites mound nest material rates, decreased with the increases in the B rates applied.

KEY-WORDS: *Passiflora edulis*; borate fertilizing; organic fertilizing.

RESUMO

Na produção de mudas de maracujazeiro, deve-se atentar para o estado nutricional das plantas, cujas informações, quanto à adubação com micronutrientes como o boro, ainda são escassas para as regiões tropicais onde a fruticultura está se expandindo. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de doses de boro (B) e de material do cartão de cupinzeiro sobre componentes de crescimento e concentração de B, na parte aérea de plantas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.), cultivadas em Latossolo Vermelho distrófico. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x4, com cinco doses de boro (0 mg dm⁻³; 0,25 mg dm⁻³; 0,50 mg dm⁻³; 0,75 mg dm⁻³; e 1,00 mg dm⁻³) e quatro doses do material de cartão de cupinzeiro de montículo (0 g dm⁻³; 25 g dm⁻³; 50 g dm⁻³; e 75 g dm⁻³), com quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais. A unidade experimental foi constituída por vasos com capacidade máxima para 700 cm³ de amostras. O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, em Dourados (MS). Os maiores valores de produção de massa seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule e leitura SPAD são alcançados pelas aplicações conjuntas de material do cartão, na maior dose, e entre as duas maiores doses de B. O material de cartão de cupinzeiro foi pouco efetivo, como fonte de B, para influenciar os componentes de crescimento do maracujazeiro. As concentrações de B, na parte aérea de plantas de maracujá, para todas as doses de material do cartão aplicado, decresceram com os aumentos das doses de B aplicado.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis*; adubação boratada; adubação orgânica.

INTRODUÇÃO

Os maracujazeiros pertencem à família Passifloraceae, amplamente distribuída pelos trópicos, a qual apresenta mais de 580 espécies, a maioria na América Tropical. No Brasil, são conhecidas mais de 200 espécies nativas de maracujazeiro, sendo o maracujá-amarelo ou maracujá-azedo a mais cultiva-

da, devido à qualidade ácida do suco de seus frutos (Metelli 2000), sendo a espécie mais significativa a do gênero *Passiflora*, em mais de 95% dos pomares comerciais do Brasil (Negreiros et al. 2006).

A contínua expansão dos plantios de maracujá demanda tecnologias de produção capazes de elevar a produtividade e a rentabilidade dos pomares (Carvalho et al. 2000). Uma forma de se aumentar a

1. Trabalho recebido em out./2009 e aceito para publicação em abr./2011 (nº registro: PAT 7980/ DOI: 10.5216/pat.v41i2.7980).

2. Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados, MS, Brasil.

E-mails: giselesousa@terra.com.br, josenovelino@ufgd.edu.br, silvanascalon@ufgd.edu.br, marlenemarchetti@ufgd.edu.br, rodrigo_agro10@hotmail.com.

produtividade dos pomares e, especialmente, a precocidade da primeira produção, consiste no emprego de mudas de qualidade, na implantação do pomar, além de adubação apropriada, que refletirá no estado nutricional da planta (Prado et al. 2005).

Estudos relacionados à nutrição e adubação do maracujazeiro são escassos na literatura, especialmente micronutrientes, embora sejam práticas extremamente importantes para pomares de elevada extração e exportação de nutrientes. Para garantir a expansão da produção de maracujás no Brasil, novas pesquisas, dentre as quais as relacionadas com a nutrição mineral da espécie, são fundamentais, considerando-se a importância dos nutrientes na produção das culturas (Natale et al. 2006).

Em se tratando de adubação com Boro, na cultura do maracujazeiro, esta tem sido feita empiricamente, sem o devido uso de informações oferecidas pela análise de solo.

O B é um micronutriente essencial às plantas, cuja disponibilidade às mesmas é influenciada pelo pH, matéria orgânica, teor de óxidos de ferro e de alumínio, teor e qualidade da fração argila, textura, umidade e interação com outros íons (Ferreira & Cruz 1991). Em geral, o B encontra-se nas camadas superficiais dos solos bem drenados, ligado à matéria orgânica, sendo esta a mais importante fonte deste nutriente para as plantas, da qual é liberado para a solução do solo (Malavolta 2006).

Está comprovado que as plantas, em estado inicial de crescimento, absorvem o B com maior intensidade do que plantas adultas, sendo pequena a mobilidade de redistribuição dos tecidos velhos para jovens e cujas concentrações nas mesmas variam de 10 mg kg⁻¹ a 50 mg kg⁻¹ de matéria seca, sendo as concentrações de 30 mg kg⁻¹ a 50 mg kg⁻¹ tidas como adequadas para um crescimento normal das plantas superiores, em geral, enquanto plantas deficientes apresentam concentrações foliares menores que 15 mg kg⁻¹ de B (Dechen & Nachtigall 2007). Para o maracujazeiro-amarelo, os níveis, nas folhas, considerados normais, variam entre 39 mg kg⁻¹ e 47 mg kg⁻¹ de B (Haag 1978).

Em plantas deficientes em B, observa-se inibição do crescimento radicular, ausência ou anormalidade na diferenciação vascular, principalmente em relação ao floema, e necrose do ápice radicular (Gupta 1993a, Marschner 1995). Com o colapso dos vasos condutores, tem-se a redução do crescimento das raízes que não recebem quantidade suficiente

de fotossintatos e, finalmente, a absorção de água e de nutrientes também é afetada, com prejuízos para o crescimento da planta, conforme constatado por Prado et al. (2006), em revisão sobre o maracujazeiro.

Quanto aos efeitos da adubação boratada na produção das culturas agrícolas, Yamada (2000) enfatiza a necessidade de pesquisas que efetivamente contribuam para se recomendar, com mais precisão, este tipo de adubação. No que se refere ao uso do B na produção de mudas de maracujazeiro, os resultados, além de escassos, são inconstantes.

Em estudo sobre a aplicação de 0 mg dm⁻³; 0,25 mg dm⁻³; 0,50 mg dm⁻³; 0,75 mg dm⁻³; e 1,00 mg dm⁻³ de B ao substrato de produção de mudas de maracujazeiro-amarelo, para o estabelecimento dos níveis críticos deste nutriente no solo e na planta, Prado et al. (2006) constataram que as mudas de maracujazeiro responderam à aplicação deste micronutriente em substrato com baixa concentração (0,06 mg dm⁻³), extraído com água quente. O maior crescimento das plantas esteve associado à dose próxima a 0,5 mg dm⁻³ de B, a um teor de 0,4 mg dm⁻³ de B no substrato e concentração de 22 mg kg⁻¹ de B na parte aérea.

O material do cartão é de cor cinza escura a negra e localiza-se na parte central de ninhos de cupins de montículo, sendo, geralmente, mais rico em nutrientes do que o solo adjacente, onde o ninho foi formado, conforme caracterização realizada por Novelino & Fernandes (2000).

A aplicação de material do cartão de cupinzeiro na produção vegetal não é uma prática corriqueira, mas, em alguns trabalhos, constata-se resultados positivos desta prática adotada por alguns produtores de baixa renda da região Norte do Brasil.

Estudos realizados a campo, por Oliveira & Paiva (1985), visando à produção de alface, constataram que a aplicação de 50 g/cova de material de cupinzeiro (montículo inteiro triturado) resultou no aumento de 288% na massa da parte aérea desta cultura, em relação à testemunha (tratamento sem a aplicação de material de cupinzeiro). Tal aumento na biomassa da parte aérea foi devido à ação conjugada de diversos componentes do material utilizado, tais como nutrientes e matéria orgânica, principalmente.

Novelino et al. (2001) avaliaram efeitos de doses de material do cartão de cupinzeiro de montículo (0 g; 15,8 g; 31,4 g; 46,6 g; 61,5 g; e 76,2 g) e doses de P (0 mg, 80 mg e 160 mg), na forma de fosfato de Gafsa, sobre a produção de massa seca da parte aérea do sorgo forrageiro. Na ausência do fosfato aplicado,

a dose de 76,2 g de material de cartão, em relação à testemunha (sem material de cartão), elevou, em 62%, a produção de massa seca. Os autores concluíram que a produção de massa seca foi muito menos influenciada pela aplicação do material de cartão do que pelas doses de fosfato de Gafsa.

Em comunidades onde a escassez de recursos materiais é grande, como ocorre nos assentamentos e em pequenas propriedades rurais, o material orgânico do cartão de cupins de montículos pode ser uma alternativa, como fonte de matéria orgânica e de nutrientes, dentre os quais o B, na produção de mudas de maracujazeiro.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses de B e de material do cartão de cupinzeiros sobre componentes de crescimento de mudas de maracujazeiros, bem como o conteúdo de B acumulado na parte aérea.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de 24/08/2008 a 26/10/2008, em casa-de-vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados (MS), utilizando-se, como substrato, uma amostra de Latossolo Vermelho distrófico, textura média. A amostra foi coletada à profundidade de 0-20 cm, de uma área sob vegetação natural de Cerrado, sem cultivo prévio, seca ao ar, destorroada, passada através de peneira com malhas de 2 mm de abertura, homogeneizada e submetida a análises químicas e físicas de rotina.

Os resultados das análises químicas e físicas de caracterização do solo, realizadas conforme métodos descritos em Embrapa (1997), foram: teor de argila: 250 g kg⁻¹; silte: 10 g kg⁻¹; areia fina: 410 g kg⁻¹; areia grossa: 330 g kg⁻¹; densidade aparente: 1,32 g cm⁻³; densidade de partículas: 2,70 g cm⁻³; volume total de poros (calculado): 0,510 dm³ dm⁻³; pH em água: 5,2; matéria orgânica do solo: 21,0 g kg⁻¹; P (Mehlich⁻¹): 1,1 mg dm⁻³; K (Mehlich⁻¹): 0,07 cmol_c dm⁻³; Ca, Mg e Al trocáveis: 0,9 cmol_c dm⁻³, 0,2 cmol_c dm⁻³ e 0,6 cmol_c dm⁻³, respectivamente; soma de bases: 1,17 cmol_c dm⁻³; H+Al: 3,8 cmol_c dm⁻³; CTC a pH 7,0: 4,97 cmol_c dm⁻³; P-remanescente: 35 mg L⁻¹; e B extraído pelo método da água quente: 0,22 mg dm⁻³.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x4, com quatro repetições, constituído por cinco doses de B (0 mg dm⁻³; 0,25 mg dm⁻³; 0,50 mg dm⁻³;

0,75 mg dm⁻³; e 1,00 mg dm⁻³), tendo como fonte o ácido bórico (170 g kg⁻¹ de B solúvel em água), e quatro doses do material de cartão de cupinzeiro (0 g dm⁻³; 25 g dm⁻³; 50 g dm⁻³; e 75 g dm⁻³), totalizando 80 unidades experimentais, constituídas por vasos com capacidade máxima de 700 cm³.

A amostra do solo coletada foi dividida em quatro porções iguais e submetida a correção da acidez, com elevação da saturação por bases a 60%, tendo, por referência, os resultados da análise de caracterização, utilizando-se uma mistura de carbonatos de cálcio e de magnésio, na relação estequiométrica Ca:Mg igual a 4:1, por meio de incubação, durante 30 dias, com o teor de água sendo mantido próximo a 60% do volume total de poros do solo.

Decorrido o período de incubação, as amostras de cada porção foram submetidas a secagem ao ar, destorroadas, passadas através de peneira com malhas de 2 mm de abertura e homogeneizadas em uma única amostra.

O material do cartão, parte central e escurecida do ninho de cupins de montículo foi coletado em área de pastagem degradada, sobre Latossolo Vermelho distroférrico, textura muito argilosa. Após a coleta, o material foi seco ao ar, durante três dias, e, posteriormente, destorroado manualmente e peneirado com peneira com malhas de 2 mm de abertura.

Os resultados da análise da amostra do material de cartão submetida à caracterização química para carbono orgânico total e nitrogênio total (Mendonça & Matos 2005), fósforo total por digestão nítrico-perclórica (Malavolta et al. 1997) e B solúvel em água quente (Abreu & Abreu 2001) foram: 118,4 g kg⁻¹ de carbono orgânico total; 4,80 g kg⁻¹ de nitrogênio total; 1,74 g kg⁻¹ de fósforo total; 0,25 mg dm⁻³ de B solúvel em água quente; e relações C/N = 25 e C/P = 68.

Para composição das parcelas, as doses do material de cartão, correspondentes a cada tratamento, juntamente com 210 mg dm⁻³ do elemento P, na forma de superfosfato triplo (em partículas menores que 0,84 mm), foram homogeneizadas com 600 dm³ do solo e transferidas para vasos com capacidade máxima de 700 cm³ de amostra. Esta quantidade de P utilizada corresponde a 60% da maior dose recomendada para a realização de ensaios com este nutriente em casa-de-vegetação (em diversas culturas, dentre as quais o maracujazeiro), definida a partir do valor de P-remanescente da amostra do solo em estudo, segundo Alvarez V. et al. (2000).

Uma adubação básica com macro (exceto o P) e micronutrientes (exceto o B) foi aplicada em volumes de 25 mL, a cada amostra do vaso, tendo por referência a recomendação apresentada em Novais et al. (1991). O nitrogênio, tendo como fonte a ureia, foi parcelado em quatro aplicações, sendo $\frac{1}{4}$ na adubação básica, antes da semeadura, e o restante em três coberturas, com intervalos de 15 dias.

Cada tratamento com B foi veiculado em 25 mL de solução aquosa e aplicado por meio de pipeta volumétrica, imediatamente após a aplicação da adubação básica, seguido de homogeneização da amostra em saco plástico e transferência para os vasos.

Após 24 horas da realização da adubação básica e do tratamento com B e/ou material do cartão, cada vaso recebeu quatro sementes selecionadas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*).

As irrigações foram realizadas com água destilada, necessárias ao preenchimento de 60% do volume total de poros da amostra do solo e com reposições das perdas por evapotranspiração controladas por pesagens.

Aos 30 dias após a semeadura, foi realizado um desbaste, deixando-se duas plantas por vaso, e, aos 90 dias após a semeadura, foram feitas as avaliações, antes e após a colheita da parte aérea das plantas de maracujazeiro.

Imediatamente antes da colheita, foram avaliadas as variáveis altura de plantas, diâmetro do caule e teor de clorofila e, após a colheita, área foliar, massa seca da parte aérea e concentração de B da parte aérea. A altura de plantas foi determinada com o uso de régua, com medição desde a sua base até a última inserção. O diâmetro de caule foi avaliado a 1,0 cm da superfície do solo, por meio de um paquímetro digital. Os valores numéricos fornecidos pelo clorofilômetro portátil e manual, modelo SPAD-502 da Minolta, foram usados como indicativos dos teores de clorofila total. Leituras com este equipamento foram feitas na parte central do limbo de todas as folhas das duas plantas no vaso. As determinações de área foliar, utilizando-se o Integralizador LI-COR 3100, foram realizadas nas folhas de todas as plantas do vaso, imediatamente após a colheita da parte aérea.

A parte aérea das plantas foi lavada em água destilada, acondicionada em sacos de papel perfurado, seca em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, até massa constante, onde foi determinada a massa seca, seguida de moagem e homogeneização. As análises das concentrações de B na parte aérea

foram realizadas nos extratos de digestão via seca, segundo Malavolta et al. (1997).

Os dados obtidos para cada componente de plantas foram submetidos a análises de variância, ajuste de equações de superfície de resposta e correlações por meio do aplicativo computacional SAEG (Ribeiro Júnior 2001). As equações de superfície de resposta, tendo tais componentes de planta como variáveis dependentes de doses de B e de material do cartão de cupinzeiro, foram ajustadas conforme procedimentos descritos em Alvarez V. (1985).

As significâncias estatísticas dos coeficientes dos modelos ajustados foram testadas pelo teste de t, para os coeficientes dos parâmetros, e pelo teste de F, para o coeficiente de determinação, aos níveis de probabilidade de $p < 0,01$ (**) e $p < 0,05$ (*), respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca da parte aérea de plantas de maracujá foi afetada pelos dois fatores em estudo, que, agindo de forma associada, possibilitaram o ajuste de um modelo de superfície de resposta, a partir do qual pode-se otimizar as doses dos mesmos, com vistas à maximização desta produção de matéria seca (Figura 1).

A produção máxima de matéria seca da parte aérea (2,88 g/vaso), com base no modelo da Figura 1, pode ser alcançada com a aplicação conjunta de 75 g dm^{-3} de material de cartão e 0,90 mg dm^{-3} de B. O incremento de produção de matéria seca da parte

$$\hat{y} = 1,87208 - 0,06081^{**}MC + 2,13103^{**}B + 0,00082^{**}MC^2 - 1,18309^{**}B^2 \quad R^2 = 0,61^{**}$$

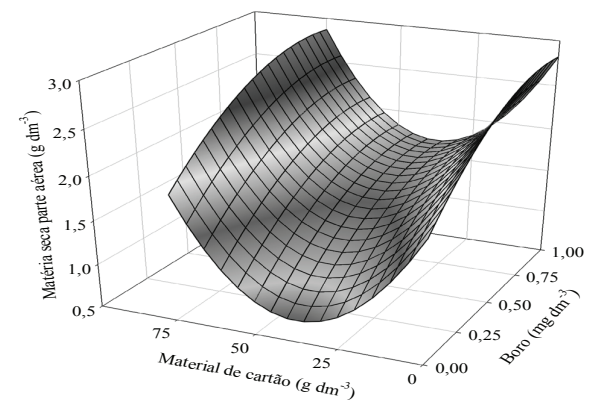


Figura 1. Matéria seca da parte aérea de plantas de maracujá, em função de doses de B e material de cartão de cupinzeiro (Dourados, MS, 2008).

aérea, nesta dose, é estimado em 49,7% a mais, em relação àquele obtido com as doses de 75 g dm⁻³ de material de cartão e sem a adição de B. Todavia, quando se avaliou a influência da dose isolada de 75 g dm⁻³ de material de cartão, a produção de massa seca foi de 1,92 g/vaso, permitindo constatar que o incremento de matéria seca estimado pelo modelo é de apenas 2,8%, em relação à testemunha (1,87 g/vaso). Embora o material de cartão contenha B (0,25 mg dm⁻³), a quantidade disponibilizada para as plantas, provavelmente, tenha sido insuficiente para promover alterações mais expressivas na produção de matéria seca da parte aérea de plantas de maracujazeiro, o que deve justificar o baixo percentual de incremento (2,8%) acima mencionado.

Sem o emprego de material de cartão, o efeito da aplicação de 0,90 mg dm⁻³ de B sobre a produção de matéria seca da parte aérea (2,83 g/vaso), estimada pelo modelo da Figura 1, superou, em 51,3%, a produção obtida sem a aplicação de B, o que é justificado pelo teor inicial de B do solo estudado (0,22 mg dm⁻³), considerado médio (0,2-0,5 mg dm⁻³), segundo critério de interpretação da análise de solo apresentado por Sousa & Lobato (2004).

A matéria seca da parte aérea apresentou comportamento quadrático, em função das doses de B, como consequência dos incrementos promovidos nas características de desenvolvimento, tais como diâmetro do caule, altura e área foliar das plantas. Estes resultados podem ser devidos aos efeitos do B, observados no crescimento da parte aérea das plantas de maracujazeiro, e a funções relacionadas ao crescimento meristemático e atividades dos hormônios, que estimulam o desenvolvimento e o alongamento das partes jovens das plantas (Malavolta et al. 1997). Tais resultados não ficaram evidentes, quando da aplicação isolada do material do cartão, provavelmente pela baixa capacidade desta fonte em disponibilizar B para a cultura e, assim, ter pouco influenciado o ganho de matéria seca da parte aérea (Figura 1).

A altura máxima de plantas (14,1 cm) pode ser atingida com doses de 75 g dm⁻³ de material de cartão, juntamente com 0,76 mg dm⁻³ de B (Figura 2).

Em relação à testemunha, com altura de plantas de 10,34 cm, o incremento na altura de plantas, proporcionado pela adição de 75 g dm⁻³ de material de cartão (10,66 cm) e sem a aplicação de B (3,2%), é bem menor do que aquele observado pela aplicação somente de B, à dose de 0,75 mg dm⁻³ (33,3%), cuja altura foi de 13,78 cm.

$$\hat{y} = 10,33790 - 0,19290^{**}MC + 9,06004^{**}B + 0,00263^{**}MC^2 - 5,95929^{**}B^2 \quad R^2 = 0,51^{**}$$

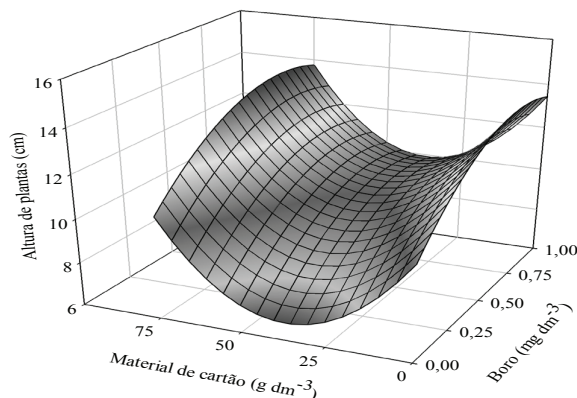


Figura 2. Altura de plantas de maracujá, em função de doses de B e material de cartão de cupinzeiro (Dourados, MS, 2008).

A atuação do B, em processos biológicos como metabolismo de carboidratos, metabolismo do N, atividade de hormônios e fotossíntese, segundo Dechen & Nachtigall (2007), influencia o acúmulo de biomassa e a divisão celular, nos pontos de crescimento, o que pode resultar em aumento na altura das plantas.

A área foliar máxima de plantas (429,1 cm²/vaso) pode ser obtida com as doses conjuntas de 75 g dm⁻³ de material de cartão e 0,81 mg dm⁻³ de B, tendo por base o modelo apresentado na Figura 3.

$$\hat{y} = 253,3560 - 7,78190^{**}MC + 352,8160^{**}B + 0,10963^{**}MC^2 - 218,1010^{**}B^2 \quad R^2 = 0,55^{**}$$

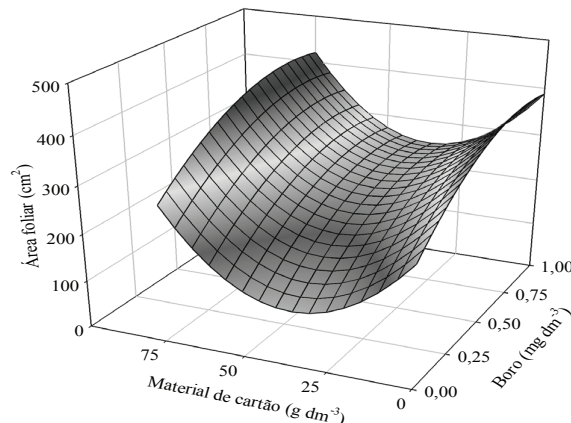


Figura 3. Área foliar de plantas de maracujá, em função de doses de B e material de cartão de cupinzeiro (Dourados, MS, 2008).

Em relação à testemunha, com área foliar de 253,36 cm²/vaso, o incremento de área foliar de plantas (13,0%) promovido somente pela aplicação de 75 g dm⁻³ de material de cartão, estimado em 286,38 cm²/vaso, é bem menor do que aquele (56,3%) observado pela aplicação isolada de 0,81 mg dm⁻³ de B, com área foliar estimada em 396,04 cm²/vaso.

A área foliar pode ser considerada um índice de produtividade, dada a importância dos órgãos fotossintetizantes na produção biológica (Scalon et al. 2003). Sendo a fotossíntese, por sua vez, dependente da extensão da área foliar e do tempo de permanência das folhas em plena atividade na planta, o aumento na área foliar, proporcionado por doses de B, pode resultar no aumento da taxa de interceptação de radiação solar, com consequente aumento no metabolismo de carboidrato e de produtividade das plantas.

O diâmetro máximo de caule de plantas de maracujá (3 mm) foi atingido com as doses de 75 g dm⁻³ de material de cartão, em associação com 0,79 mg dm⁻³ de B, tendo por referência o modelo da Figura 4.

Relativamente à testemunha, com diâmetro de 2,26 mm, um incremento de diâmetro de caule de plantas (4,0%) foi promovido somente pela aplicação de 75 g dm⁻³ de material de cartão (2,35 mm), enquanto o observado pela aplicação somente de B, na dose de 0,79 mg dm⁻³, é de 40,4% e o diâmetro de 2,91 mm.

Segundo Larcher (2000), o crescimento em diâmetro apresenta relação direta com a fotossíntese

líquida, a qual depende dos carboidratos e auxinas acumulados e de um balanço favorável entre fotossíntese líquida e respiração.

O diâmetro do colo tem sido reconhecido como um dos melhores indicadores de padrão de qualidade. As mudas de pequeno diâmetro e muito altas são consideradas de qualidade inferior, quando comparadas com aquelas de maior diâmetro de colo. Um maior diâmetro do colo está associado a um desenvolvimento mais acentuado da parte aérea e, em especial, do sistema radicular, favorecendo a sobrevivência e o desenvolvimento da muda, após o plantio (Grave et al. 2007).

Os valores mínimo (47,4) e máximo (54,6) de leitura SPAD, medidos nas plantas de maracujazeiro, com base no modelo ajustado da Figura 5, ocorrem com a aplicação de material do cartão e B, nas doses máximas de 75 g dm⁻³ e 1,00 mg dm⁻³, respectivamente. Ainda com base no mesmo modelo e considerando-se a dose de 0,90 mg dm⁻³ de B, em associação com 75 g dm⁻³ de material de cartão, o valor obtido da leitura SPAD (54,2) supera, em 14%, aquele observado para a testemunha (47,4). Estes valores de leituras feitas com o equipamento portátil (SPAD-502 da Minolta), expressos em unidades SPAD, correlacionam-se bem com os teores de clorofila ou intensidade de verde da planta e com os teores de nitrogênio em folhas de diversas culturas (Fontes 2011). Os aumentos nos valores de leitura SPAD, nas plantas de maracujazeiro, no presente estudo, comprovam os argumentos de Fontes (2011),

$$\hat{y} = 2,26383 - 0,03634 \times \text{MC} + 1,65399 \times \text{B} + 0,00050 \times \text{MC}^2 - 1,05129 \times \text{B}^2 \quad R^2 = 0,62^{**}$$

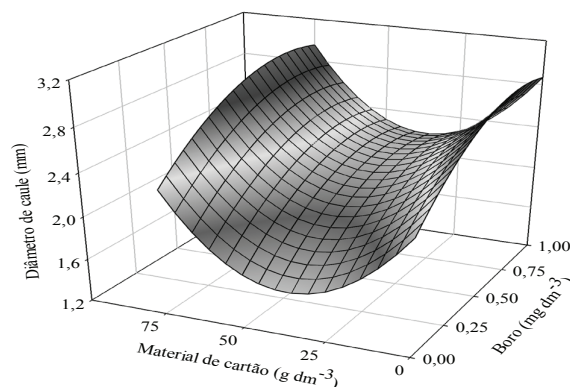


Figura 4. Diâmetro de caule de plantas de maracujá, em função de doses de B e material de cartão de cupinzeiro (Dourados, MS, 2008).

$$\hat{y} = 47,42200 + 0,04568 \times \text{MC} + 3,72000 \times \text{B} \quad R^2 = 0,37^{**}$$

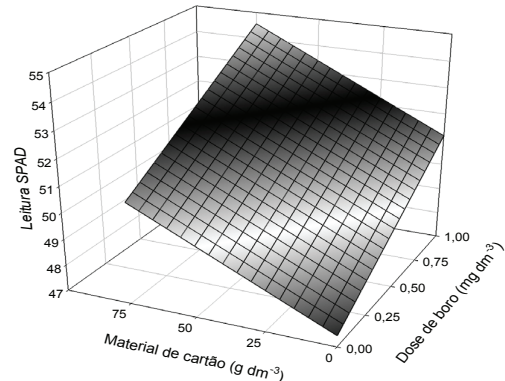


Figura 5. Leitura SPAD em plantas de maracujá, em função de doses de B e material de cartão de cupinzeiro (Dourados, MS, 2008).

que afirma que a intensidade de manifestação da cor verde das plantas se deve muito mais ao B aplicado, onde vale destacar que o mesmo valor de leitura SPAD, para a mais alta dose de material de cartão (75 g dm^{-3}), é conseguido com $0,92 \text{ mg dm}^{-3}$ de B.

Mesmo o coeficiente de determinação (R^2) sendo baixo, o valor do teste F, para o modelo linear ajustado, foi significativo a 1%, o que indica que há potencial para resposta das plantas de maracujazeiro à aplicação de doses de até $1,00 \text{ mg dm}^{-3}$ de B.

A concentração máxima de B, na parte aérea de plantas de maracujá ($42,56 \text{ mg kg}^{-1}$), segundo o modelo da Figura 6, pode ser atingido com a dose de $36,81 \text{ g dm}^{-3}$ de material de cartão e sem a aplicação de B.

Considerando-se a dose de $0,90 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, em associação com 75 g dm^{-3} de material de cartão, verifica-se que a concentração de B obtida ($15,86 \text{ mg kg}^{-1}$) é inferior, em 62,7%, àquela estimada para concentração máxima na parte aérea ($42,56 \text{ mg kg}^{-1}$), o que evidencia o efeito de diluição deste nutriente no tecido vegetal, em decorrência do maior ganho de matéria seca da parte aérea, em relação à absorção do mesmo.

A concentração de B na parte aérea das plantas de maracujazeiro ($15,86 \text{ mg kg}^{-1}$), estimada para a produção máxima de matéria seca da parte aérea, é inferior à encontrada por Prado et al. (2006), que foi de 22 mg kg^{-1} de B, em estudo sobre níveis críticos deste nutriente para a formação de mudas de maracujazeiro amarelo.

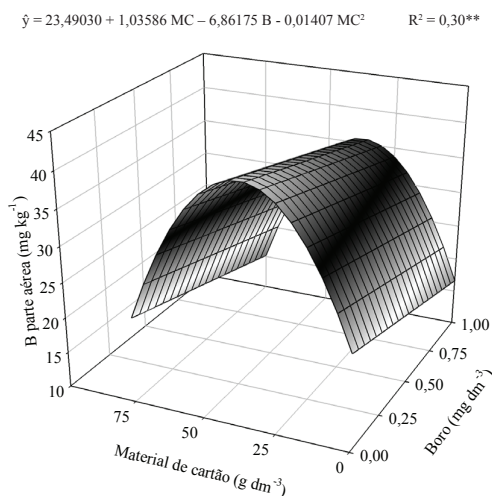


Figura 6. Concentração de B na parte aérea de plantas de maracujá, em função da aplicação de B e material de cartão de cupinzeiro (Dourados, MS, 2008).

A aplicação de material do cartão alterou, de modo semelhante à produção de matéria seca da parte aérea, a altura de plantas, área foliar e diâmetro de caule, com comportamentos caracterizados por valores mínimos, com ocorrências entre as doses de 25 g dm^{-3} e 50 g dm^{-3} de material de cartão, mas que superam a testemunha, quando da aplicação de 75 g dm^{-3} .

A falta de estudos sobre a dinâmica de nutrientes, especialmente do B, deste material do cartão, e considerando-se que os demais nutrientes foram elevados a níveis adequados, por meio de adubação química, para o crescimento das plantas de maracujazeiro, é provável que tais comportamentos de queda e ascensão, observados para estes quatro componentes das plantas acima mencionados, estejam relacionados a mecanismos de dissolução do B do material do cartão e sua adsorção e dessorção pelos constituintes da fase sólida do solo (Gupta 1993b).

Diferentemente da produção de matéria seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar e diâmetro de caule, as leituras SPAD tiveram aumentos diretamente proporcionais às doses de B e de material do cartão.

Para todos os seis componentes avaliados na parte aérea de plantas de maracujazeiro, a aplicação de B resultou em resposta quadrática, exceto para a leitura SPAD, que apresentou resposta linear. A aplicação de B ocasionou alterações positivas muito mais expressivas de tais componentes do que a aplicação de material do cartão, o que está relacionado ao nível de disponibilidade deste nutriente detectado na caracterização do solo em estudo.

Quanto ao comportamento observado nos modelos de superfície de resposta, ajustados para matéria seca, altura de plantas, área foliar e diâmetro de caule, avaliados na parte aérea, ficam caracterizados declínios máximos destes fatores, com a aplicação de, aproximadamente, 35 g dm^{-3} do material do cartão, sem e com a aplicação de B, sendo possível admitir alterações na disponibilidade do B, em decorrência de interações com a matéria orgânica humificada do material do cartão aplicado ao solo, o qual só passa a disponibilizar este nutriente em doses superiores a 35 g dm^{-3} (Goldberg 1993).

Tendo a matéria seca como referência, dentre os componentes avaliados na parte aérea de plantas, pode-se considerar a dose de $0,90 \text{ mg dm}^{-3}$ de B como a indicada para a produção de plantas de maracujazeiro no solo deste estudo, uma vez que, para os demais

componentes, as doses estimadas deste micronutriente variaram de 0,76 mg dm⁻³ a 0,82 mg dm⁻³.

Quanto ao aspecto de relação de substituição da adubação boratada pela aplicação de material do cartão, para a produção de 1,92 g/vaso de matéria seca da parte aérea, com base no modelo ajustado da Figura 1, percebe-se que as aplicações isoladas de 75 g dm⁻³ de material de cartão ou de 0,023 mg dm⁻³ de B se equivalem, nas condições estudadas. O B, aplicado em dose de, aproximadamente, 9% da menor dose estudada (0,25 mg dm⁻³), produz efeito semelhante ao da aplicação do material de cartão na maior dose (75 g dm⁻³), para a obtenção, em geral, dos maiores valores de produção de matéria seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule e leitura SPAD. Estes resultados revelam a baixa eficiência do material do cartão empregado neste estudo, no fornecimento de B para as plantas de maracujazeiro.

CONCLUSÕES

1. Os maiores valores de produção de massa seca da parte aérea, altura de plantas, área foliar, diâmetro de caule e leitura SPAD são alcançados pelas aplicações conjuntas de material do cartão, na maior dose, e de boro, em doses entre 0,75 mg dm⁻³ e 1,00 mg dm⁻³.
2. O material de cartão de cupinzeiro foi pouco efetivo, como fonte de B, para influenciar os componentes de crescimento do maracujazeiro.
3. As concentrações de B, na parte aérea de plantas de maracujá, por efeito de diluição, para todas as doses de material do cartão aplicado, decresceram com os aumentos das doses de boro aplicado.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M. F. de; ABREU, C. A. de. Determinação de boro em água quente, usando aquecimento com micro-onda. In: RAIJ, B. V. et al. (Ed.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p. 231-239.
- ALVAREZ V., V. H. *Avaliação da fertilidade do solo: superfícies de resposta - modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta*. Viçosa: UFV, 1985.
- ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. de. Determinação e uso do fósforo remanescente. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 27-32, 2000.
- CARVALHO, A. J. C. et al. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 35, n. 6, p. 1101-1108, 2000.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1997.
- FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da (Orgs.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991.
- FONTES, P. C. R. *Dignóstico do estado nutricional das plantas*. Viçosa: UFV, 2001.
- GOLDBERG, S. Chemistry and mineralogy of boron in soils. In: GUPTA, U. C. *Boron and its role in crop production*. Boca Raton: CRC Press, 1993. p. 3-44.
- GRAVE, F. et al. Crescimento de plantas jovens de Açoitacavallo em quatro diferentes substratos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 289-298, 2007.
- GUPTA, U. C. *Boron and its role in crop production*. Boca Raton: CRC Press, 1993a.
- GUPTA, U. C. Factors affecting boron uptake by plants. In: GUPTA, U. C. *Boron and its role in crop production*. Boca Raton: CRC Press, 1993b. p. 87-104.
- HAAG, H. P. Nutrição e adubação do maracujazeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 2., 1978, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: Unesp, 1978. p. 77-92.
- LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.
- MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1997.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. London: Academic Press, 1995.
- MENDONÇA, E. de S.; MATOS, E. da S. *Matéria orgânica do solo: métodos de análises*. Viçosa: UFV, 2005.
- METELLI, L. M. M. *Produção de frutíferas tropicais*. Guaíba: Agropecuária, 2000.

- NATALE, W. et al. Adubação nitrogenada e potássica no estado nutricional de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 28, n. 2, p. 187-192, 2006.
- NEGREIROS, J. R. da S. et al. Influência do estágio de maturação e do armazenamento pós-colheita na germinação e desenvolvimento inicial do maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 21-24, 2006.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. *Método de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília, DF: Embrapa-SEA, 1991. p. 189-253.
- NOVELINO, J. O.; CUNHA, L. A. G.; MARCHETTI, M. E. Material de termiteiro do cupim-de-montículo (Isoptera: Termitidae) e níveis de fósforo influenciando o crescimento do sorgo granífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. *Resumos...* Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p. 161.
- NOVELINO, J. O.; FERNANDES, W. D. Termiteiros do cupim-de-montículo *Cornitermes* Spp. (Isoptera: Termitidae): I. Características químicas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO/FERTBIO, 3., 2000, Santa Maria. *Resumos...* Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 54.
- OLIVEIRA, L. A.; PAIVA, W. O. de. Utilização de cupinzeiro e esterco de galinha como adubo em alface num Podzólico Vermelho-Amarelo da região de Manaus. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 15, n. 1-2, p. 13-18, 1985.
- PRADO, R. M. de; NATALE, W.; ROZANE, D. E. Níveis críticos de boro no solo e na planta para cultivo de mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 305-309, 2006.
- PRADO, R. M. de; VALE, D. W.; ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 27, n. 3, p. 493-498, 2005.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa: UFV, 2001.
- SCALON, S. P. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.
- SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 90, p. 1-5, 2000.