

Efeito da palhada do sorgo de guiné “gigante” na nutrição foliar e produtividade da soja em plantio direto

Gustavo Pavan Mateus^{1*}, Carlos Alexandre Costa Crusciol² e Émerson Borghi³

¹Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Extremo Oeste, Cx. Postal 67, 16900-000, Andradina, São Paulo, Brasil. ²Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.

³Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: gpmateus@aptaregional.sp.gov.br

RESUMO. As conseqüências das alterações proporcionadas pela cobertura do solo, em sistema de plantio direto, no comportamento das culturas anuais, não são muito conhecidas. Com o objetivo de avaliar a absorção de nutrientes pela soja e seus reflexos na produtividade, em razão de níveis de palha de sorgo na superfície, conduziu-se experimento em um Nitossolo Vermelho Estruturado, em Botucatu, Estado de São Paulo. Os tratamentos, dispostos em blocos ao acaso, com 4 repetições, constaram de 0; 6.100; 7.100; 19.500; 26.700; 28.100 e 30.200 kg ha⁻¹ de palhada de sorgo de guiné “gigante”. O aumento da palhada do sorgo de guiné “gigante” incrementou os teores foliares de N e de P até a quantidade de 25000 e 17500 kg ha⁻¹ de palhada, respectivamente. Em sistema de plantio direto, a elevada produção da soja, em decorrência do aumento da quantidade de palhada, relaciona-se à adequada absorção de nutrientes pela cultura em virtude, principalmente, da manutenção da umidade disponível no solo.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill, *Sorghum bicolor*, semeadura direta, plantas de cobertura.

ABSTRACT. Effect of “Gigante” Guinea sorghum straw on the leaf nutrition and production of soybean in no-tillage area. The effects of cover plants on the performance of annual crops under no-tillage systems are not well defined yet. A field trial was carried out on a Rhodic Kandiuudalf soil in Botucatu, state of São Paulo, Brazil, aiming to evaluate the effect of the amount of Gigante guinea sorghum straw on soybean nutrient uptake and its consequent performance of grain yield in no-tillage area. The experimental design was developed in randomized blocks with four replications. The treatments consisted of 6.1, 7.1, 19.5, 26.7, 28.1 e 30.2 ton ha⁻¹ of guinea sorghum straw. The increase of straw provided increment of N and P plant levels until the amount of 25.0 and 17.5 ton ha⁻¹, respectively. Thus, the highest soybean grain yields reported in soils under no-tillage systems might be related to the proper water and nutrient uptakes due to higher soil moisture availability.

Key words: *Glycine max* (L.) Merrill, *Sorghum bicolor*, no-till, cover crops.

Introdução

As plantas de cobertura ou recuperadoras da fertilidade do solo, de maneira geral, são espécies agressivas e rústicas. Por possuírem, normalmente, sistema radicular profundo e ramificado, retiram de camadas subsuperficiais e de maneira mais eficiente, os nutrientes que são liberados gradualmente nas camadas superficiais durante o processo de decomposição, ficando disponíveis para as culturas subsequentes (Amabile *et al.*, 2000).

Entre as vantagens da cobertura vegetal na superfície do solo, destacam-se o aumento da infiltração de água, a redução das perdas de água por evaporação, a conservação da umidade e a diminuição da amplitude da temperatura do solo, o controle de

plantas daninhas e o aumento da eficiência da ciclagem dos nutrientes (Voss e Sidiras, 1985; Fiorin, 1999). Os resíduos vegetais aumentam, ainda, a atividade biológica, modificam o nível de nutrientes disponíveis, mantêm ou aumentam o nível de matéria orgânica do solo e podem ter efeitos favoráveis nas condições físicas do solo (Campbell, 1989).

O efeito positivo dos resíduos vegetais aumenta conforme seu tempo de permanência na superfície do solo. Esse tempo é dependente do tipo do resíduo, do grau de trituração, da quantidade, da composição química, da relação C/N e do grau de contato com o solo (Fiorin, 1999).

As plantas de coberturas, principalmente as gramíneas, integradas de forma planejada no sistema de rotação de culturas, proporcionam alto potencial de

produção de fitomassa e elevada relação C/N, garantindo a cobertura do solo por um período mais longo.

A viabilidade do sistema plantio direto é alcançada quando há manutenção de cobertura vegetal na superfície do solo e rotação de culturas. Dessa maneira, busca-se caracterizar espécies viáveis para compor o sistema, no qual é interessante apresentarem alta capacidade de extrair nutrientes do solo, grande produção de matéria seca de lenta decomposição, principalmente para regiões tropicais (Alvarenga et al., 2001).

A seleção de espécies com elevada produtividade de fitomassa para cobertura do solo é um dos fatores de sucesso do sistema de plantio direto (Oliveira et al., 2002). Desse modo, a utilização do sorgo de guiné pericarpo vermelho, conhecido vulgarmente por sorgo de guiné “gigante” (*Sorghum bicolor* subespécie *bicolor* raça *guinea*), vem se destacando, uma vez que a planta possui crescimento radicular vigoroso, mesmo em solos compactados (Pace et al., 1999), e grande produção de matéria seca, quando manejada no estágio de florescimento (Bairrão, 1989).

Este trabalho objetivou avaliar a absorção de nutrientes pela soja, bem como a produtividade de grãos em razão de níveis de palhada do sorgo de guiné gigante em sistema de plantio direto.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola de 2001/02, na Fazenda Experimental Lageado, da Universidade Estadual Paulista, em Botucatu, Estado de São Paulo, em um Nitossolo Vermelho Estruturado (Embrapa, 1999), com as seguintes características granulométricas e químicas: 690 g kg⁻¹ de areia, 160 g kg⁻¹ de argila e 150 g kg⁻¹ de silte, pH (CaCl₂) = 5,1; P-resina = 16 mg dm⁻³; K⁺ = 1,5 mmol_c dm⁻³; Ca⁺⁺ = 31 mmol_c dm⁻³; Mg⁺⁺ = 17 mmol_c dm⁻³; H+Al = 38 mmol_c dm⁻³; CTC = 87 mmol_c dm⁻³ e V = 56%. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 7 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constituíram-se de 0, 6.100, 7.100, 19.500, 26.700, 28.100 e 30.200 kg ha⁻¹ de palha de sorgo de guiné “gigante”. Esses valores foram obtidos em experimento de épocas de semeadura com sorgo de guiné “gigante” (*Sorghum bicolor* subs. *bicolor* raça *guinea*), em sistema de plantio direto, no qual essa espécie apresentou sensibilidade ao fotoperíodo, florescendo simultaneamente em uma única data, independentemente da época de semeadura, formando, desse modo, um gradiente quantitativo de palhada. As épocas de semeaduras do sorgo de guiné “gigante” corresponderam a 25/9/00, 25/10/00, 24/11/00, 22/12/00, 22/2/01 e 3/4/01, as quais constituíram os níveis de palhada de 30.200, 28.100, 26.700, 19.500,

7.100, 6.100, respectivamente, sendo que o nível sem palha foi aquele em que não se cultivou sorgo anteriormente.

Os níveis de palhada foram estimados com o auxílio de uma moldura metálica de 1 m² e consistiram de médias de 4 amostragens aleatórias por parcela. O material coletado foi secado em estufa com circulação forçada de ar a 60°C; em seguida, foi pesado e os dados, transformados em kg ha⁻¹, sendo que, no nível sem palha, não se cultivou sorgo anteriormente. Cada parcela foi constituída por 10 linhas de soja de 20 m de comprimento, espaçadas em 0,45 m. Nas avaliações, foram consideradas as 8 linhas centrais, sendo que 0,5 m da extremidade de cada linha de plantas e as duas linhas externas constituíram-se na bordadura, perfazendo uma área útil de 68,40 m².

As sementes de soja foram tratadas no mesmo dia da semeadura, sendo os produtos adicionados na seguinte ordem: primeiramente, empregou-se fungicida à base de Carboxin + Thiram, na dose de 60 g i.a. 100 kg⁻¹ de sementes, visando ao controle preventivo dos fungos de solo (*Fusarium* spp; *Rhizoctonia* spp. e *Pythium* spp.); em seguida, foram aplicados cobalto e molibdênio (CoMo II), na dose de 2,5 e 15 g 100 kg⁻¹ de sementes de cada micronutriente, respectivamente, com o intuito de uma melhor fixação biológica de nitrogênio. E, por último, inoculou-se as sementes com estipes selecionadas de *Bradyrhizobium japonicum*, por meio de inoculante turfoso, adicionando 250 g por 50 kg de sementes, para assegurar uma adequada nodulação e garantir o suprimento de nitrogênio para a planta.

Em outubro de 2001, realizou-se a trituração das plantas de sorgo, deixando a fitomassa na superfície do solo, a qual constituiu as parcelas. A dessecação das plantas daninhas foi realizada com aplicação de 1.920 g i.a. ha⁻¹ de Glyphosate (Roundup) antes da semeadura da soja.

A cultivar de soja Monsoy 6101 foi semeada no dia 06 de novembro de 2001, por meio de semeadora de plantio direto na densidade de, aproximadamente, 450.000 sementes ha⁻¹, e a adubação de semeadura foi constituída de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência foi realizado 32 dias após a emergência (DAE) da soja (15/12/01), aplicando o herbicida à base de Fomezafen + Fluazifop-p-butil (Fusiflex), na dose de 187 g i.a. ha⁻¹ de ambos os compostos. Quanto ao controle de pragas, empregou-se inseticida químico à base de Lambda-cyhalothrin (Karate Zeon), na proporção de 7,5 g i.a. ha⁻¹, sendo

realizadas duas aplicações, aos 32 DAE e aos 64 DAE. Na última aplicação de inseticida, foi empregado, em mistura de tanque, fungicida à base de Tebuconazole (Folicur CE), na dose de 200 g i.a. ha⁻¹.

No florescimento pleno das plantas de soja, correspondente ao estágio R2 na escala de Fehr *et al.* (1971), foram realizadas amostragens de folhas com pecíolos, coletando-se as terceiras folhas a partir do ápice, em 30 plantas por parcela, visando à realização da diagnose foliar (Ambrosano *et al.*, 1997). Essas amostras foram lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, até atingirem massa constante, e, posteriormente, moídas. Em seguida, os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn e B foram determinados de acordo com os métodos descritos por Malavolta *et al.* (1997).

A partir da colheita mecânica das quatro linhas centrais de cada parcela, realizada com colhedora própria de experimentos, modelo Nurserymaster da Wintersteiger, determinou-se a massa dos grãos colhidos e foi calculada a produtividade de grãos por

hectare (13% de teor de água).

Todos os dados de cada variável determinada foram submetidos à análise de variância. Realizou-se análise de regressão, com os níveis de 0, 6.100, 7.100, 19.500, 26.700, 28.100 e 30.200 kg ha⁻¹ de palha de sorgo na superfície do solo. De posse dos resultados da análise de regressão, optou-se pela equação mais adequada, levando-se em consideração primeiramente o efeito significativo dos modelos obtidos e, em seguida, verificando-se o de melhor ajuste, por meio do maior valor do coeficiente de determinação (r²).

Resultados e discussão

A concentração de N aumentou com o incremento da palhada na superfície do solo, apresentando resposta quadrática (Figura 1A), atingindo o maior valor na quantidade de 25.000 kg ha⁻¹ de palhada, sendo o teor considerado adequado para a cultura da soja (Ambrosano *et al.*, 1997).

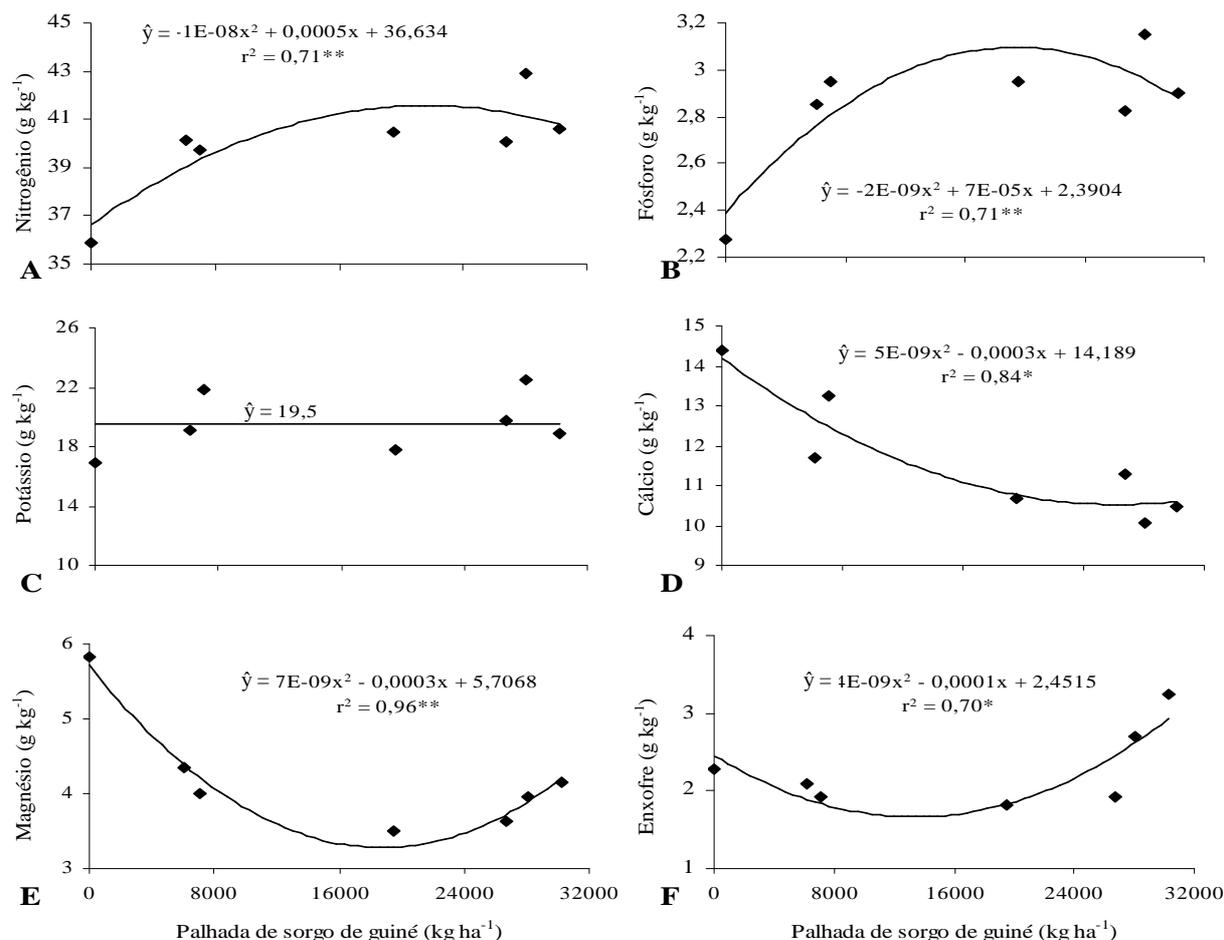


Figura 1. Diagnose foliar de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) da soja (R2), em razão da palhada do sorgo de guiné.

Esse resultado pode ser atribuído à maior proteção do solo com o aumento da palhada na superfície, na qual diminui a oscilação e a ocorrência de altas temperaturas no solo, favorecendo a ocorrência de maior número e massa de nódulos por planta (Voss e Sidiras, 1985; Morote *et al.*, 1990). Conseqüentemente, aumentou a atividade simbiótica e a fixação de N_2 . Além disso, a presença da palhada na superfície do solo pode ter aumentado a capacidade de armazenamento de água da chuva, favorecendo a absorção de N pela planta de soja, uma vez que o contato íon-raiz desse elemento se faz predominantemente por fluxo de massa (Marschner, 1995).

Para os teores de P (Figura 1B), verificaram-se aumentos com o incremento da palhada na superfície do solo, ajustando-se equação quadrática. Consta-se que, somente a partir de 1.500 kg ha^{-1} de palhada, o teor de P nas folhas apresentou nível adequado para a cultura da soja ($2,5$ a $5,0 \text{ g kg}^{-1}$) (Ambrosano *et al.*, 1997). Esse comportamento pode ser devido à maior disponibilidade de água no solo, na área com cobertura morta, a qual favoreceu maior taxa de difusão do fósforo até as raízes (Muzilli, 1983; Ruiz *et al.*, 1990), com conseqüência no aumento da absorção. Além disso, vale ressaltar que a cobertura do solo pode, também, ter favorecido na melhor micorrização das plantas de soja, nas áreas com cobertura morta, sendo que essas associações são altamente dependentes da temperatura e da água no solo (Fries e Aita, 1999).

Quanto aos teores de K, observa-se que os dados não se ajustaram a uma função matemática (Figura 1C). Entretanto, os teores encontraram-se na faixa adequada (17 a 25 g kg^{-1}) para a cultura da soja (Ambrosano *et al.*, 1997). O K na planta encontra-se na forma iônica (K^+) e não participa na constituição de compostos orgânicos estáveis. Dessa forma, esse nutriente pode ser facilmente extraído dos resíduos vegetais, tanto pela água da chuva quanto pela própria umidade do solo, sendo rapidamente disponibilizado na cultura.

Com relação aos teores de Ca e Mg (Figuras 1D e E), verificou-se diminuição desses nutrientes, com o incremento da palhada, permitindo o ajuste de equação quadrática, os quais atingiram os menores valores nas quantidades de 30.000 e $21.400 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente, para o Ca e Mg. Esse resultado pode ser explicado pela extração de Ca e Mg do solo nas maiores produções de matéria seca, acarretando decréscimos na disponibilidade dos elementos, ou seja, grande parte desses nutrientes encontrou-se complexado na matéria vegetal e temporariamente indisponível. Entretanto, os teores foliares obtidos encontraram-se na faixa adequada para o desenvolvimento da cultura (Ambrosano *et al.*, 1997).

As concentrações de S nas folhas de soja aumentaram de forma quadrática ao incremento da palhada de sorgo de guiné (Figura 1F), verificando o menor teor na presença de $12.500 \text{ kg ha}^{-1}$.

O teor foliar de cobre diminuiu com o incremento da palhada de sorgo, estando em todas as situações abaixo da faixa adequada (10 a 30 mg kg^{-1}) para o desenvolvimento ideal da soja (Ambrosano *et al.*, 1997) (Figura 2A). Esse resultado pode ser atribuído à forte ligação do elemento no solo com a matéria orgânica, sendo rapidamente adsorvido (Camargo *et al.*, 2001), formando complexos insolúveis, o que torna indisponível para as plantas. Vale ressaltar que, na maior quantidade de palhada de sorgo, foi detectada baixíssima presença de cobre nas folhas de soja ($< 0,1 \text{ mg kg}^{-1}$). Esse resultado sugere que o teor foliar de Cu, considerado adequado para o crescimento e desenvolvimento da cultura da soja, deverá ser revisto, uma vez que, mesmo em baixa concentração desse elemento, a leguminosa atingiu altas produtividades (Figura 2A).

Para o teor foliar de zinco (Figura 2B), verificou-se aumento até a quantidade de $10.000 \text{ kg ha}^{-1}$ de palhada e, a partir dela, houve redução. Esse comportamento pode ser atribuído, em parte, à imobilização do elemento na estrutura da palhada do sorgo, estando, ainda, indisponível para as plantas.

Quanto ao teor foliar de manganês (Figura 2C), apesar do baixo coeficiente de determinação, verificou-se diminuição até a dose de $15.000 \text{ kg ha}^{-1}$ de palhada, aumentando os teores a partir dela. No entanto a variação dos teores não seguiu um comportamento lógico que possibilite realizar maiores inferências.

Com relação ao teor foliar de ferro (Figura 2D), constatou-se diminuição dos teores até a quantidade de 25500 kg ha^{-1} de palhada, permitindo o ajuste de equação quadrática. Esse comportamento pode estar associado à complexação desse elemento no solo pela matéria orgânica, diminuindo a disponibilidade para as plantas de soja.

Observa-se pela Figura 2E que os teores foliares de boro permitiram o ajuste de equação quadrática com o aumento da palhada de sorgo de guiné, sendo o menor valor obtido com a cobertura de $17.500 \text{ kg ha}^{-1}$. Segundo Rosolem *et al.* (2001), solos com altos teores de matéria orgânica ou com alta porcentagem de argila podem fixar esse nutriente, diminuindo sua disponibilidade para a soja.

Vale ressaltar que, com exceção do cobre, todos os teores de micronutrientes, apesar dos efeitos constatados entre os tratamentos, encontraram-se no nível adequado para a cultura da soja (Ambrosano *et al.*, 1997).

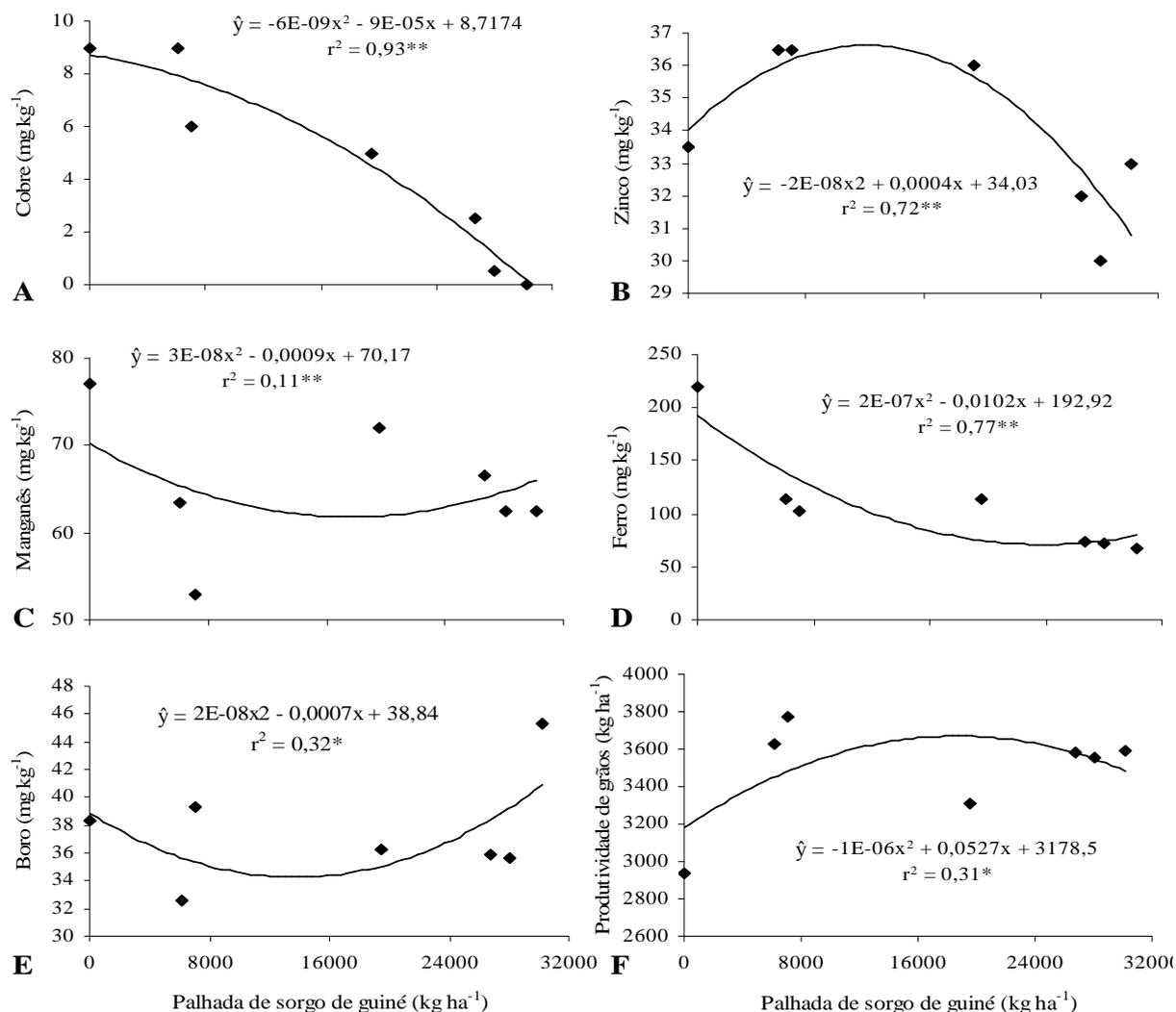


Figura 2. Diagnóstico foliar de cobre (A), de zinco (B), de manganês (C), de ferro (D), de boro (E) e de produtividade de grãos (F) da soja, em razão da palhada do sorgo de guiné.

Quanto à produtividade de grãos, constatou-se incremento com a adição de palhada na superfície do solo (Figura 2F), atingindo o maior valor na dose calculada de 26.350 kg ha⁻¹. O aumento da produtividade de grãos, em função da quantidade de palhada, pode ser atribuído à maior população de plantas, decorrente de maior germinação e emergência de plântulas, e da massa de 100 grãos, face à maior disponibilidade hídrica durante o processo de enchimento das vagens. Resultados semelhantes foram observados por Sidiras *et al.* (1983) e por Caíres e Fonseca (2000).

Apesar de a palhada de sorgo ter proporcionado deficiência no teor de cobre nas plantas de soja, verificou-se que este não foi limitante à produção, uma vez que, nas maiores quantidades de palhada, a produtividade de grãos aumentou e a concentração de cobre diminuiu.

Conclusão

O aumento da palhada do sorgo de guiné “gigante” incrementou os teores foliares de N e P até a quantidade de 25.000 e 17.500 kg ha⁻¹ de palhada, respectivamente. Em sistema de plantio direto, a elevada produção da soja, em decorrência do aumento da quantidade de palhada, relaciona-se à adequada absorção de nutrientes pela cultura em virtude, principalmente, da manutenção da umidade disponível no solo.

Referências

ALVARENGA, R.C. *et al.* Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

AMABILE, R.F. *et al.* Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. *Pesq. Agropecu. Bras.*,

- Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.
- AMBROSANO, E.J. et al. *Leguminosas e oleaginosas: soja*. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 202-203. (Boletim Técnico, n. 100).
- BAIRRÃO, J.F.M. Estudo do comportamento de espécies vegetais no verão para as condições edafoclimáticas do oeste do Paraná. In: RESULTADOS DE PESQUISA VERÃO 1987/88, 3., 1989, Cascavel. *Resumos...* Cascavel: Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1989. p. 219-20.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema plantio direto em função da calagem na superfície. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 2, p. 213-220, 2000.
- CAMARGO, O.A. et al. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq, Fapesp, Potafós, 2001. p. 89-124.
- CAMPBELL, C.A. Soil organic carbon, nitrogen and fertility. In: SCHNITZER, M.; KHAN, S.U. (Ed.). *Soil organic matter*. 4. ed. The Netherlands: Elsevier Science, 1989. p. 173-265.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPq, 1999.
- FEHR, W.R. et al. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.*, Madison, v. 11, p. 929-931, 1971.
- FIORIN, J.E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO - CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO. *Resumos de Palestras...* Cruz Alta: Revista Plantio Direto, 1999. p. 39-55.
- FRIES, M.R.; AITA, C. Aspectos básicos sobre a importância dos microorganismos em plantio direto. In: FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO - CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO. *Resumos de Palestras...* Cruz Alta: Revista Plantio Direto, 1999. p. 90-110.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. London: Academic Press, 1995.
- MOROTE, C.G.B. et al. Melhoria da nodulação da soja pela cobertura do solo e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 14, p. 143-150, 1990.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 7, p. 95-102, 1983.
- OLIVEIRA, T.K. et al. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-87, 2002.
- PACE, L. et al. Desenvolvimento radicular e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão submetidos à compactação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. *Resumos Expandidos...* Brasília: Embrapa/CPAC, 1999. CD-ROM.
- ROSOLEM, C.A. et al. Algodão, amendoim e soja. In: FERREIRA, M.E. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq, Fapesp, Potafós, 2001. p. 319-354.
- RUIZ, H.A. et al. Teor, acúmulo e distribuição de fósforo em plantas de soja em relação ao conteúdo de água do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 14, p. 181-85, 1990.
- SIDIRAS, N. et al. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento de soja, em latossolo roxo distrófico (oxisol). *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 7, p. 103-06, 1983.
- VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 20, n. 7, p. 775-82, 1985.

Received on January 31, 2006.

Accepted on May 30, 2007.