

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.3, p.402-408, jul.-set., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i3a1308

Protocolo 1308 - 27/01/2011 • Aprovado em 27/12/2011

Everson R. Carvalho^{1,3}

Pedro M. de Rezende^{1,4}

Alexandre M. A. dos Passos²

João A. Oliveira^{1,4}

Diagnose foliar e produtividade da soja, em razão de doses e tecnologias de manufatura de fertilizantes formulados NPK

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito do fertilizante NPK 04-30-16 em diferentes doses e tecnologias de manufatura (tipos de formulações), sobre as características agrônomicas e os teores foliares de nutrientes de duas cultivares de soja. O ensaio foi conduzido em Itutinga, MG, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, com 3 repetições em esquema fatorial (2 x 2 x 3) + 2, compreendendo: duas cultivares (Vencedora e Favorita RR), duas doses (300 e 400 kg ha⁻¹) e três formulações (tecnologias de manufatura) de adubo NPK 04-30-16: mistura de grânulos com 4,8% de Ca + 1,64% de S; mistura de grânulos com 3,9% de Ca + 0,05% de B + 0,06% de Cu + 0,35% de Fe + 0,13 de Mn; mistura granulada com 4,3% de Ca + 1,2% de S + 0,07% de B + 0,24% de Fe + 0,08% de Mn + 0,27% de Zn, além de um controle (sem adubação) para cada cultivar. Verificou-se que a cultivar Vencedora apresentou maior capacidade produtiva em relação à Favorita RR. Em relação aos controles, as doses e tecnologias de manufatura (tipos de formulações) avaliadas foram eficientes no aumento da produtividade e seus componentes, elevando os teores foliares de N, P, Ca, Cu e Mn. Não houve diferença entre as doses e tecnologias de manufatura, com ou sem micronutrientes, quanto às características agrônomicas da soja e aos teores foliares de nutrientes.

Palavras-chave: adubação, *Glycine max*, micronutriente

Foliar diagnosis and yield of soybean as a function of sources and doses of formulated NPK fertilizers

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the use of NPK 04-30-16 fertilizer in different doses and manufacture technologies (types of formulations) on agronomic characteristics and leaf nutrient levels of two soybean cultivars. The experiment was carried out in Itutinga – MG, using a randomized block design, with 3 replications in a factorial scheme 2 x 2 x 3 + 2, involving: two cultivars (Vencedora and Favorita RR), two fertilizer doses (300 e 400 kg ha⁻¹) and three fertilizer formulations (manufacture technologies) NPK 04-30-16: mixture of granules with 4,8% of Ca + 1,64% of S, mixture of granules with 3,9% of Ca + 0,05% of B + 0,06% of Cu + 0,35% of Fe + 0,13 of Mn; mixture granulated with 4,3% of Ca + 1,2% of S + 0,07% of B + 0,24% of Fe + 0,08% of Mn + 0,27% of Zn, and a control (no fertilizer) for each cultivar. It was found that the cultivar Vencedora had a higher productive capacity in relation to Favorita RR. The fertilizer manufacture technologies (types of formulations) and doses evaluated were effective in increasing productivity and its components, and the leaf levels of N, P, Ca, Cu and Mn. There was no difference between doses and manufacture technologies (types of formulations), with or without micronutrients, on agronomic characteristics of soybean and leaf nutrient levels.

Key words: fertilization, *Glycine max*, micronutrient

1 Universidade Federal de Lavras,
Departamento de Agricultura, Campus
Universitário, CEP 37200-000, Lavras, MG,
Brasil. Caixa Postal 37.

Fone: (35) 3829-1224.

Fax: (35) 3829-1301.

E-mail: eversonufla@yahoo.com.br;

pmrezend@dag.ufla.br; jalmir@dag.ufla.br

2 Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária, Embrapa Rondônia. BR 364,
km 5,5. Zona Rural, CEP 76815-800, Porto
Velho, RO, Brasil. Caixa-Postal: 127.

Fone: (69) 3901-2533. Fax: (69) 3222-0409.

Email: alexandre.abdao@embrapa.br

3 Bolsista de Doutorado do CNPq

4 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do
CNPq

INTRODUÇÃO

A elevada acidez e a baixa disponibilidade de nutrientes são condições comuns aos solos brasileiros e exigem aplicações de calcário e fertilizantes para uma utilização agrícola adequada (Menosso et al., 2000). Por isso, trabalhos são realizados visando encontrar doses e formas adequadas de aplicação dos corretivos para cada tipo de cultivo. Os macronutrientes aplicados à cultura da soja são bem estudados, com diversas pesquisas realizadas no intuito de melhorar a eficiência na utilização desses nutrientes (Mascarenhas, et al. 2000; Aratani et al., 2007; Moterle et al., 2009; Oliveira Júnior, et al., 2011) o mesmo não sendo observado em relação aos micronutrientes.

Os micronutrientes, apesar de exigidos em pequenas quantidades, são igualmente importantes, pois exercem funções essenciais nas plantas (Malavolta, 2006). Suas deficiências são fatores limitantes em solos de todo o mundo, como no caso do zinco, em que cerca de 50% dos solos utilizados para cereais no planeta têm pouco Zn disponível, ocasionando reduções quantitativas e qualitativas das produções (Fageria et al., 2002).

Em algumas regiões do Brasil a produtividade agrícola é limitada pela deficiência de micronutrientes, decorrente da baixa fertilidade natural desses solos, remoção pelas colheitas, uso de fertilizantes NPK sem micronutrientes e uso crescente de corretivos de acidez aplicados em superfície, principalmente em plantio direto (Bortolon & Gianello, 2009).

Os resultados sobre a aplicação de micronutrientes na soja ainda são inconclusivos. Diversos fatores não são bem compreendidos, por número insuficiente de experimentos realizados e influenciam a resposta da cultura aos micronutrientes, havendo necessidade de mais estudos que auxiliem técnicos e produtores na tomada de decisão sobre sua utilização (Ceretta et al., 2005).

A disponibilidade de micronutrientes às plantas é afetada por diversos atributos do solo, entre eles pH, matéria orgânica, fósforo, temperatura, umidade e atividade microbiana. O aumento do pH decorrente da calagem excessiva induz a deficiência de micronutrientes metálicos, diminuindo sua solubilidade na solução do solo, tornando-os menos disponíveis para as plantas (Rhoton, 2000; Caires & Fonseca, 2000; Santos et al., 2008). Alguns estudos têm sido realizados neste sentido, em áreas de semeadura direta. Pegoraro et al. (2006) verificaram que a presença de resíduos vegetais minimizou o efeito redutor da calagem no fluxo difusivo de Zn, Cu, Fe e Mn, tanto na forma aniônica como na catiônica, favorecendo maior biodisponibilidade desses nutrientes. Moreira et al. (2006) constataram que as concentrações de micronutrientes nas folhas de soja não variaram sob semeadura direta e convencional.

Os fertilizantes sólidos podem ser caracterizados como pó ou granulado; este último, por sua vez, pode apresentar-se como mistura de grânulos, misturas físicas ou como misturas granuladas. As misturas granuladas vêm ocupando lugar de destaque na agricultura brasileira. Este processo incorpora os nutrientes uniformemente nos grânulos, amenizando alguns problemas, como segregação e restrição de área efetivamente adubada (Lopes 1999). Devido às diferentes tecnologias de manufaturas dos fertilizantes, tornam-se úteis trabalhos

que verifiquem a eficiência das mesmas, justificando sua utilização.

O objetivo no presente trabalho foi avaliar o efeito do fertilizante NPK 04-30-16 em diferentes doses e tecnologias de manufatura (tipos de formulações) sobre as características agrônômicas e os teores foliares de nutrientes de duas cultivares de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na Fazenda Milanez, em Itutinga, MG, latitude 21°23' S, longitude 44°39' W e altitude média de 958 m. A região apresenta inverno seco e verão chuvoso, com as maiores precipitações em dezembro e janeiro, quando a média mensal pode chegar a 321 mm; a precipitação média anual é de 1460 mm. Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima é do tipo Cwa, temperado chuvoso e mesotérmico (Dantas et al., 2007), em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 17 °C e a do mês mais quente, superior a 22 °C.

Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se inoculante turfoso na proporção de 1.200.000 bactérias por semente. Realizou-se a semeadura em 26 de novembro de 2007, em sistema de semeadura direta, sob palhada de milho, em solo classificado como Cambissolo (Embrapa, 2006), cujas características químicas (amostra a 0-20 cm) são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química de amostra de solo (profundidade 0-20 cm) na área experimental em Itutinga, MG, no ano agrícola 2007/08¹

Table 1. Results of chemical analysis of soil samples (0-20 cm depth) in the experimental area, Itutinga, MG, Brazil, in the season 2007/08¹

| Atributos | Valores | Interpretação** |
|--|---------|-----------------|
| pH em água | 6,1 | Acidez Fraca |
| P (mg dm ⁻³) | 2,3 | Muito Baixo |
| K (mg dm ⁻³) | 56 | Médio |
| Ca ²⁺ (cmolc dm ⁻³) | 2,2 | Médio |
| Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³) | 0,5 | Muito Baixo |
| Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³) | 0,0 | Muito Baixo |
| H +Al (cmolc dm ⁻³) | 2,3 | Baixo |
| SB (cmolc dm ⁻³) | 2,8 | Médio |
| (t) (cmolc dm ⁻³) | 2,8 | Médio |
| (T) (cmolc dm ⁻³) | 5,1 | Médio |
| m (%) | 0 | Muito baixo |
| V (%) | 55,3 | Médio |
| MO (dag kg ⁻¹) | 2,7 | Médio |
| Zn (mg dm ⁻³) | 0,8 | Baixo |
| Fe (mg dm ⁻³) | 29,4 | Médio |
| Mn (mg dm ⁻³) | 4,6 | Baixo |
| Cu (mg dm ⁻³) | 1,5 | Bom |
| B (mg dm ⁻³) | 0,3 | Baixo |
| S (mg dm ⁻³) | 11,8 | Muito Bom |

¹ Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras. ** Interpretação dos resultados, de acordo com Ribeiro et al. (1999)

Quinze dias após a emergência das plântulas (DAE) realizou-se um desbaste mantendo-se 15 plantas por metro. Os tratos culturais foram realizados uniformemente, em todas as parcelas experimentais. No tratamento fitossanitário foram utilizados 60 ml ha⁻¹ de Talcord® 250 para controle de lagarta (*Anticarsia gemmatalis*) e 300 ml ha⁻¹ de Priori Xtra® para o controle da ferrugem Asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*).

A parcela experimental foi constituída de quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas 0,50 m sendo utilizadas, como áreas úteis, as duas fileiras centrais, com a eliminação de 0,50 m nas extremidades. Foram utilizadas as cultivares BRSMG 68 Vencedora e BRS Favorita RR, ambas indicadas para o estado de Minas Gerais e pertencentes ao grupo de maturação média, com 111 a 125 dias (Embrapa, 2008).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições e esquema fatorial (2 x 2 x 3) + 2, envolvendo duas cultivares (Vencedora e Favorita RR), duas doses (300 e 400 kg ha⁻¹) e três formulações de fertilizante (tecnologias de manufatura) NPK 04-30-16: 1- Mistura de grânulos (MG) com 4,8% de Ca + 1,64% de S; 2- Mistura de grânulos (MG + Micro) com 3,9% de Ca + 0,05% de B + 0,06 de Cu + 0,35% de Fe + 0,13% de Mn e 3- Mistura granulada (G + Micro) com 4,3% de Ca + 1,2% de S + 0,07% de B + 0,24% de Fe + 0,08% de Mn + 0,27% de Zn. As adubações foram realizadas no sulco de semeadura. Os dois tratamentos adicionais (controles) foram constituídos pelas duas cultivares, sem adubação.

Aos 65 DAE, quando as plantas se encontravam no estágio R₂, florescimento pleno (Fehr et al., 1971), realizou-se amostragem de folhas para determinação dos teores foliares dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Zn, Fe e Mn) coletando-se, em 20% das plantas das fileiras úteis, o quarto trifólio, a partir do ápice das plantas, sem o pecíolo (Embrapa, 2008). A análise para N foi realizada por meio da digestão sulfúrica e a determinação por semimicro Kjeldahl. Para B foi utilizadas digestão a seco (cinzas) e determinação, pelo método da curcumina. Os demais elementos foram extraídos por meio de digestão nitroperclórica e as determinações no extrato por colorimetria de metavanadato (P), fotometria de chama (K), turbidimetria (S) e espectrofotometria de absorção atômica (Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn) (Malavolta et al., 1997).

No estágio fenológico R₈ (Fehr et al., 1971) foram avaliadas a altura das plantas, altura da inserção do primeiro legume, o número de legumes por planta e grãos por legume em 10 plantas da parcela útil, tomadas aleatoriamente; foram analisadas também a massa de 100 grãos e a produtividade corrigida para 13% de umidade em base úmida e expressa em kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do software Sisvar® (Ferreira, 2008), a 5% de probabilidade pelo teste F (Pimentel Gomes, 2000), quando pertinente, as médias foram comparadas utilizando-se o teste Scott-Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise de variância (Tabela 2) constata-se que a fonte de variação cultivares influenciou significativamente todas as características analisadas, exceto a altura das plantas e teores foliares de Mn, Zn e Fe. A produtividade foi alterada significativamente pelas interações cultivares x formulações e formulações x doses (Tabela 2). Quanto ao contraste fatorial x adicionais, as diferenças não foram significativas apenas para o número de grãos por legume e os teores foliares de K, Mg, S, B, Zn e Fe. O coeficiente de variação (CV) foi sempre inferior a 20% indicando boa precisão das avaliações (Pimentel Gomes, 1973) exceto no caso do teor foliar de manganês, CV de 30,8% (Tabela 2).

Quanto às cultivares, verifica-se que a Vencedora superou significativamente a produtividade da Favorita RR em 16,1% (426 kg ha⁻¹). Resultados coincidentes a esses foram obtidos por Rezende & Carvalho (2007) que, testando 45 cultivares na região de Lavras, MG, verificaram como destaque a cultivar Vencedora, que apresentou rendimento de 4395 kg ha⁻¹.

No presente trabalho a cv. Vencedora também se destacou em função do número de legumes por planta, em 20,4% e de sementes por legume, em 13,8%. Quanto à massa de 100 grãos, verifica-se que a cultivar Favorita RR superou a Vencedora, o que também foi observado com a altura de inserção de primeiro legume (Tabela 3). Independentemente das cultivares, os valores de altura de planta e a inserção do primeiro legume se apresentaram dentro dos padrões adequados para a colheita mecanizada (Tabela 3).

Entre as doses utilizadas (300 e 400 kg ha⁻¹) não foram observadas diferenças significativas em nenhuma das características, a exemplo da produtividade, com diferença absoluta observada de apenas 123 kg ha⁻¹ de grãos (4,38%). Por outro lado, comparando-se a produtividade média dos tratamentos adubados com a média das testemunhas, verifica-se que houve aumento significativo da ordem de 1263 kg ha⁻¹ (78,8%), o que indica a responsividade do solo à adubação (Tabela 3).

À semelhança do que foi observado com as doses, não ocorreram diferenças significativas no emprego das diferentes formulações, mistura de grânulos (MG), mistura de grânulos com micronutrientes (MG + Micro) e mistura granulada com micronutrientes (G + Micro) em nenhuma das componentes, tampouco na produtividade. Respostas a micronutrientes na cultura da soja são, na maioria das vezes, difíceis de serem obtidas, conforme indicou Borkert (2002), estudando seus efeitos no sul do País.

Quanto ao contraste entre a média do fatorial e a média dos adicionais (testemunhas), observou-se que os tratamentos adubados (fatorial) obtiveram médias significativamente superiores de produtividade, número de legumes por planta, massa de 100 grãos, altura de planta e de inserção do primeiro legume ressaltando, assim, a eficiência e a importância da fertilização em relação às testemunhas (Tabela 3).

Desdobrando a interação cultivares x formulações (Tabela 4) verifica-se que a cultivar Vencedora apresentou maior produtividade com a formulação mistura de grânulos (MG) superando a mistura de grânulos com micro (MG + micro) e mistura granulada com micro (G + micro) em 460 (15,8%) e 431 kg ha⁻¹ (14,6%), respectivamente. O mesmo não ocorreu com a cv. Favorita RR, que não apresentou diferenças em função dos diferentes tipos de adubo. As diferenças observadas na cv. Vencedora, apesar de significativas, foram de pequena magnitude e podem ter ocorrido em função da alta precisão com que a produtividade foi estimada neste experimento (CV= 7,4%).

O fato da cv. Vencedora ter produzido mais sem a utilização de micro (Tabela 4), poderia ainda ser explicado por uma exigência menor desta cultivar aos micronutrientes, em relação à Favorita RR. Neste caso, a Favorita RR poderia ser mais exigente caracterizando um comportamento diferencial das cultivares quanto à resposta aos micronutrientes

Tabela 2. Resumo da análise de variância para produtividade de grãos, número de legumes por planta, número de grãos por legume, massa de 100 grãos, altura de plantas e da inserção do primeiro legume, teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn e Fe, Itutinga, MG (2007/08)**Table 2.** Summary of analysis of variance for grain yield, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains, plant height and height of first pod, leaf levels of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn and Fe, Itutinga, MG, Brazil, (2007/08)

| Quadrados Médios | | | | | | | |
|-------------------|----|---------------|----------------|---------------|-----------------|--------|---------|
| FV | GL | Produtividade | Legumes/planta | Grãos/legumes | Massa 100 grãos | Altura | 1º leg. |
| Blocos | 2 | 26243,9 | 26,59 | 0,04 | 0,14 | 34,78 | 23,14 |
| Cultivares | 1 | 1629665,0** | 658,77** | 0,73** | 11,08** | 39,69 | 113** |
| Formulações | 2 | 80313,1 | 3,08 | 0,05 | 0,19 | 12,67 | 10,74 |
| Doses | 1 | 136961,6 | 7,11 | 0,03 | 0,06 | 8,41 | 10,67 |
| CxF | 2 | 394527,0** | 117,52 | 0,03 | 0,55 | 6,88 | 1,75 |
| CxD | 1 | 96048,3 | 25,0 | 0,09 | 0,01 | 15,21 | 12,96 |
| FxD | 2 | 161454,7* | 94,69 | 0,05 | 0,25 | 8,04 | 21,55 |
| CxFxD | 2 | 83981,9 | 7,58 | 0,03 | 0,34 | 6,76 | 3,16 |
| Adicionais | 1 | 10045,0 | 0,0 | 0,03 | 2,54* | 29,92 | 5,22 |
| Fat. X Adicionais | 1 | 8199686,9** | 1792,03** | 0,00 | 2,64* | 2963** | 233** |
| Resíduo | 26 | 39459,9 | 56,59 | 0,05 | 0,39 | 37,41 | 5,95 |
| CV(%) | - | 7,4 | 17,36 | 10,48 | 3,9 | 7,98 | 9,88 |

| Quadrados Médios | | | | | | | |
|-------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| FV | GL | %N | %P | %K | %Ca | %Mg | %S |
| Blocos | 2 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 |
| Cultivares | 1 | 4,56** | 0,01** | 0,23** | 0,23* | 0,05** | 0,01** |
| Formulações | 2 | 0,21 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Doses | 1 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CxF | 2 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| CxD | 1 | 0,127 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| FxD | 2 | 0,14 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,01 |
| CxFxD | 2 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Adicionais | 1 | 0,10 | 0,00 | 0,06 | 0,25 | 0,00 | 0,00 |
| Fat. X Adicionais | 1 | 2,17** | 0,02** | 0,00 | 1,23** | 0,01 | 0,01 |
| Resíduo | 26 | 0,10 | 0,00 | 0,02 | 0,08 | 0,00 | 0,00 |
| CV(%) | - | 10,25 | 8,19 | 13,77 | 13,17 | 18,38 | 9,02 |

| Quadrados Médios | | | | | | |
|-------------------|----|----------|---------|-----------|--------|---------|
| FV | GL | ppmB | ppmCu | ppmMn | ppmZn | ppmFe |
| Blocos | 2 | 51,95 | 2,48 | 191,15 | 16,93 | 20,38 |
| Cultivares | 1 | 547,56** | 5,44** | 709,33 | 0,23 | 146,12 |
| Formulações | 2 | 0,13 | 0,92 | 133,39 | 2,53 | 21,76 |
| Doses | 1 | 9,61 | 0,53 | 34,81 | 5,21 | 145,20 |
| CxF | 2 | 26,35 | 1,63 | 3,72 | 9,35 | 20,42 |
| CxD | 1 | 1,36 | 0,28 | 30,61 | 1,91 | 5,21 |
| FxD | 2 | 24,61 | 0,13 | 126,30 | 5,91 | 67,25 |
| CxFxD | 2 | 17,0 | 0,07 | 142,27 | 2,18 | 201,38 |
| Adicionais | 1 | 76,32 | 3,08 | 15,36 | 0,16 | 9,62 |
| Fat. X Adicionais | 1 | 10,60 | 12,20** | 5619,51** | 234,31 | 1957,30 |
| Resíduo | 26 | 25,18 | 0,68 | 173,53 | 5,60 | 5,60 |
| CV(%) | - | 12,91 | 10,47 | 30,85 | 13,66 | 8,34 |

* Significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste F

indicando a necessidade de trabalhos adicionais com materiais geneticamente modificados Roundup Ready e convencionais.

Ceretta et al. (2005) também observaram que o efeito de micronutrientes mostrou-se contraditório na avaliação do rendimento de grãos, provavelmente em função dos diversos fatores que podem afetar sua disponibilidade para as plantas (Moreira et al., 2006; Pegoraro et al., 2006; Santos et al., 2008).

Desdobrando a interação doses x formulações, verifica-se que diferença significativa entre doses foi observada apenas com o uso de mistura de grânulos + micro, com destaque para a dose 400 kg ha⁻¹, que superou 300 kg ha⁻¹ em 13,0% (Tabela 5). Da mesma forma discutida no desdobramento anterior, é provável que tal diferença significativa tenha ocorrido em função da alta precisão (CV = 7,4%) com que a característica produtividade foi estimada.

Os teores foliares dos macro e micronutrientes diferiram entre as cultivares, exceto para os nutrientes Mn, Zn e Fe. Os teores foliares de N, P, Mg e S foram superiores na cultivar

Favorita RR enquanto os teores de K, Ca, B e Cu foram mais elevados na cv. Vencedora (Tabela 6). Esses resultados vêm corroborar com o discutido anteriormente quanto ao comportamento diferencial das cultivares em relação à resposta aos micronutrientes, o que sugere a existência de mecanismos diferenciados entre os genótipos que levam a eficiências distintas de absorção ou translocação de nutrientes, como o Mn (Lavres Júnior et al., 2008).

Conforme indicado pelo contraste fatorial x adicional, os teores foliares de N, P, Ca, Cu e Mn foram significativamente elevados quando se empregou a adubação. Os três formulados continham N, P, K e Ca, o que pode ter favorecido o acúmulo desses nutrientes. Os micronutrientes estavam presentes em pelo menos uma das formulações. O Zn, Fe e Mg, apresentam semelhança nos seus raios iônicos (Kabata-Pendias, 2004), fato este que pode explicar o comportamento análogo em todos os tratamentos, com exceção do Mg entre as cultivares (Tabela 6).

Tabela 3. Resultados médios de altura de planta, altura da inserção do primeiro legume, número de legumes por planta, número de grãos por legume, massa de 100 grãos e produtividade de grãos em função de cultivares, doses, formulações e contraste (fatorial x adicional), Itutinga, MG (2007/08)**Table 3.** Mean results of plant height, height of first pod, number of pod per plant, number of grains per pod, weight of 100 grains and grain yield according to cultivars, doses, formulations and contrast (factorial x additional), Itutinga, MG, Brazil, (2007/08)

| | Altura (cm) | | Nº Legumes/ planta | Grãos/ legume | Massa 100 grãos (g) | Produtividade kg ha ⁻¹ |
|-------------|-------------|----------|-----------------------|------------------|------------------------|--------------------------------------|
| | Planta | Inserção | | | | |
| Cultivares | | | | | | |
| Vencedora | 79,0 | 23,9 b | 50,2 a | 2,39 a | 15,6 b | 3077 a |
| Favorita RR | 81,1 | 27,4 a | 41,7 b | 2,10 b | 16,7 a | 2652 b |
| Doses | | | | | | |
| 300 | 80,5 | 26,2 | 45,5 | 2,27 | 16,2 | 2803 |
| 400 | 79,6 | 25,1 | 46,4 | 2,21 | 16,1 | 2926 |
| Formulações | | | | | | |
| MG | 78,9 | 25,9 | 45,6 | 2,30 | 16,2 | 2956 |
| MG + Micro | 80,4 | 24,6 | 46,5 | 2,26 | 16,2 | 2838 |
| G + Micro | 80,9 | 26,4 | 45,7 | 2,17 | 16,0 | 2799 |
| Fatorial | 80,1 a | 25,6 a | 46,0 a | 2,24 | 16,2 a | 2864 a |
| Adicional | 56,1 b | 18,9 b | 27,3 b | 2,25 | 15,4 b | 1601 b |
| CV(%) | 7,9 | 9,8 | 17,3 | 10,4 | 3,9 | 7,4 |

* Médias seguidas da mesma letra entre os níveis de cada fator e entre fatorial e adicional, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade

Tabela 4. Resultados médios da produtividade de grãos de duas cultivares de soja em função de formulações de NPK 04-30-16, Itutinga, MG (2007/08)**Table 4.** Mean grain yield of two soybean cultivars according to formulations of NPK 04-30-16, Itutinga, MG, Brazil, (2007/08)

| Formulações | Vencedora | FavoritaRR |
|-----------------------------|-----------|------------|
| Mistura de grânulos | 3374 a | 2538 a |
| Mistura de grânulos + Micro | 2914 b | 2762 a |
| Mistura granulada + Micro | 2943 b | 2655 a |
| Médias das cultivares | 3077 A | 2652 B |

* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

Rosolem & Tavares (2006) observaram, em um experimento visando diagnosticar os sintomas de deficiência de fósforo em plantas de soja, que o teor de fósforo nas folhas e o peso de 100 grãos foram significativamente menores nos tratamentos sem o fornecimento de fósforo, o que corrobora com o observado no presente trabalho.

Alguns micronutrientes, como o Cu e Mn, apresentam elevada variabilidade espacial nos solos de cerrado, havendo a necessidade de um acompanhamento criterioso da fertilidade do solo e adubações, visando disponibilizar tais elementos para

Tabela 5. Resultados médios da produtividade da soja em função de doses e formulações de NPK 04-30-16, Itutinga, MG (2007/08)**Table 5.** Mean soybean grain yield according to doses and formulations of NPK 04-30-16, Itutinga, MG, Brazil, (2007/08)

| Formulações | Doses | Produtividade (kg ha ⁻¹) |
|-----------------------------|-------|---|
| Mistura de grânulos | 300 | 3014 a |
| | 400 | 2898 a |
| Mistura de grânulos + Micro | 300 | 2664 b |
| | 400 | 3011 a |
| Mistura granulada + Micro | 300 | 2730 a |
| | 400 | 2868 a |

* Médias seguidas da mesma letra em cada formulação, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

as plantas alcançarem boas produtividades (Chaves & Farias, 2009).

Para a soja, o Mn tem representado especial importância em condições de cerrado (Heinrichs et al., 2006). Mann et al. (2002) verificaram incrementos na produtividade de grãos com a aplicação do Mn, via foliar e solo, nas cultivares Conquista e Garimpo.

A utilização das distintas formulações não gerou diferença significativa nos teores foliares da soja nos micronutrientes

Tabela 6. Resultados médios dos teores foliares dos macro e micronutrientes em função de cultivares, doses, formulações e contraste (fatorial x adicional), Itutinga, MG (2007/08)**Table 6.** Mean results of leaf levels of macro and micronutrients according to cultivars, doses, formulations and contrast (factorial x additional), Itutinga, MG, Brazil, (2007/08)

| | N | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Mn | Zn | Fe |
|-------------|--------------------|-------|--------|--------|-------|-------|---------------------|--------|-------|------|-------|
| | g kg ⁻¹ | | | | | | mg kg ⁻¹ | | | | |
| Cultivares | | | | | | | | | | | |
| Vencedora | 29,4 b | 2,0 b | 11,8 a | 24,1 a | 3,4 b | 2,2 b | 42,9 a | 8,54 a | 49,0 | 16,8 | 102,4 |
| FavoritaRR | 36,5 a | 2,2 a | 10,2 b | 22,5 b | 4,1 a | 2,5 a | 35,1 b | 7,76 b | 40,1 | 16,9 | 98,4 |
| Doses | | | | | | | | | | | |
| 300 | 34,0 | 2,1 | 10,9 | 23,2 | 3,9 | 2,3 | 39,5 | 8,03 | 43,6 | 17,2 | 98,4 |
| 400 | 31,8 | 2,1 | 11,1 | 23,3 | 3,7 | 2,4 | 38,5 | 8,27 | 45,5 | 16,5 | 102,5 |
| Formulações | | | | | | | | | | | |
| MG | 31,4 | 2,1 | 10,8 | 23,3 | 3,8 | 2,4 | 39,0 | 7,84 | 40,8 | 16,6 | 102,0 |
| MG + Micro | 33,4 | 2,1 | 11,2 | 23,8 | 3,8 | 2,3 | 38,9 | 8,25 | 47,2 | 16,5 | 99,9 |
| G + Micro | 34,0 | 2,1 | 11,0 | 22,7 | 3,7 | 2,3 | 39,1 | 8,36 | 45,7 | 17,4 | 99,4 |
| Fatorial | 32,9 a | 2,1 a | 11,0 | 23,3 a | 3,8 | 2,3 | 39,0 | 8,1a | 44,6a | 16,8 | 100,4 |
| Adicional | 26,5 b | 1,4 b | 11,0 | 18,5 b | 3,1 | 1,9 | 37,6 | 6,6b | 31,2b | 17,0 | 100,6 |
| CV(%) | 10,2 | 8,2 | 13,8 | 13,2 | 18,4 | 9,0 | 12,9 | 10,5 | 30,8 | 13,7 | 8,3 |

* Médias seguidas da mesma letra entre os níveis de cada fator e entre fatorial e adicional, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade

B, Zn e Fe, em relação aos adicionais (Tabela 6). Rosolem et al. (2008) observaram, que embora tenham sido observadas relações entre a absorção de B por plantas de soja com os teores do nutriente no solo, não houve correlação com a produtividade em um latossolo de cerrado. Podendo esta falta de resposta nos teores ser originada da lixiviação do elemento no perfil do solo, fora do alcance das plantas (Rosolem & Biscaro, 2007).

Pelos resultados do presente trabalho observa-se, portanto, a importância e a contribuição da adubação para a cultura da soja visto que importantes componentes da produção, como número de legumes por planta e massa de 100 grãos, bem como altura da planta e a altura da inserção do primeiro legume, foram superiores aos obtidos nas testemunhas o que elevou a produtividade. Por outro lado, também sugerem que ainda há controvérsias quanto à utilização de micronutrientes via solo na cultura da soja e quanto às respostas diferenciais das cultivares, indicando a necessidade de estudos.

CONCLUSÕES

A cultivar Vencedora apresentou maior capacidade produtiva comparada à Favorita RR.

Em relação aos controles, as doses e tecnologias de manufatura (tipos de formulações) avaliadas foram eficientes no aumento da produtividade e seus componentes e elevaram os teores foliares de N, P, Ca, Cu e Mn.

Não houve diferença entre as doses e tecnologias de manufatura (tipos de formulações), com ou sem micronutrientes, sobre características agronômicas da soja e os teores foliares de nutrientes.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo auxílio financeiro, à CAPES e ao CNPq, pela concessão das bolsas de pós-graduação.

LITERATURA CITADA

- Aratani, R.G.; Lazarini, E.; Marques, R.R. Adubação potássica na cultura da soja em duas épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, n.3, p.208-211, 2007. <<http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=133>>. 15 Dez. 2010.
- Borkert, C.M. Ganhos em produtividade de culturas anuais com micronutrientes na Região Sul. In: Curso de Fertilidade do Solo em Plantio Direto, 5., 2002, Guarapava. Resumos de palestras... Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002. p.81-96.
- Bortolon, L.; Gianello, C. Disponibilidade de cobre e zinco em solos do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.3, p. 647-658, 2009. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n3/v33n3a17.pdf>>. 12 Nov. 2010. doi:10.1590/S0100-06832009000300017.
- Caires, E.F.; Fonseca, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. *Bragantia*, v.59, p.213-220, 2000. <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v59n2/a13v59n2.pdf>>. 22 Out. 2010. doi:10.1590/S0006-8705200000200013.
- Ceretta, C.A. Pavinato, A.; Pavinato, P.S.; Moreira, I.C.L.; Giroto, E.; Trentin, E. E. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. *Ciência Rural*, v.35, n.3, p.576-581, 2005. <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n3/a13v35n3.pdf>>. 10 Jan. 2011. doi:10.1590/S0103-84782005000300013.
- Chaves, L.H.G.; Farias, C.H.A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Revista Ciência Agronômica*, v.40, n.2, p.211-218, 2009. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/513/331>>. 17 Dez. 2010.
- Dantas, A.A.A.; Carvalho, L.G. de; Ferreira, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.6, p.1862-1866, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a39v31n6.pdf>>. 22 Jan. 2011. doi:10.1590/S1413-70542007000600039
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. *Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2009 e 2010*. Londrina, 2008. 262p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- Fageria, N.K.; Baligar, V. C.; Clark, R. B. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy*, v.77, p.185-268, 2002. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211302770156>>. 15 Jan. 2011. doi:10.1016/S0065-2113(02)77015-6.
- Fehr, W.R.; Caviness, C.E.; Burmood, D.T.; Pennington, J.S. Stage of development description for soybeans (*Glycine max* (L) Merrill). *Crop Science*, v.11, n.6, p.929-931, 1971. <<https://www.crops.org/publications/cs/abstracts/11/6/CS0110060929>>. 11 Jan. 2011. doi:10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x.
- Ferreira, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, n.2, p.36-41, 2008. <<http://www.fadinas.org.br/symposium/>>. 10 Dez. 2010.
- Heinrichs, R.; Malavolta, E.; Moreira, A.; Figueiredo, P.A.M. de; Cabral, C.P.; Ruschel, J. Calagem e extratores químicos de manganês e zinco em Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico cultivados com soja. *Científica*, v.34, n.1, p.66-74, 2006. <<http://www.cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/31/16>>. 12 Dez. 2010.
- Kabata-Pendias, A. Soil-plant transfer of trace elements - an environmental issue. *Geoderma*, v.122, n.2-4, p.143-149, 2004. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706104000084>>. 17 Jan. 2011. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.004.
- Lavres Junior, J.; Moraes, M.F.; Cabral, C.P.; Malavolta, E. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. *Revista Brasileira Ciência Solo*, v.32, n.1, p.173-181, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/17.pdf>>. 05 Nov. 2010. doi:10.1590/S0100-06832008000100017.
- Lopes, A.S. *Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma*. São Paulo: ANDA, 1999. 58 p. (Boletim Técnico, 8).
- Malavolta, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- Mann, E.N.; Resende, P.M. de; Mann, R.S.; Carvalho, J.G. de; Von Pinho, E.V. de R. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.12, p.1757-1764, 2002. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n12/14643.pdf>>. 07 Dez. 2010. doi:10.1590/S0100-204X2002001200012
- Mascarenhas, H.A.A.; Tanaka, R.T.; Carmello, Q.A. de C.; Gallo, P.B.; Ambrosano, G.M.B. Calcário e potássio para a cultura de soja. Scientia Agricola, v.57, n.3, p.445-449, 2000. <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n3/2674.pdf>>. 15 Out. 2010. doi:10.1590/S0103-90162000000300012
- Menosso, O.G.; Costa, J.A.; Anghinoni, I.; Bohnen, H. Tolerância de genótipos de soja ao alumínio em solução. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.11, p.2157-2166, 2000. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n11/a06v3511.pdf>>. 05 Jan. 2011. doi:10.1590/S0100-204X2000001100006
- Moreira, S.G.; Prochnow, L.I.; Kiehl, J. de C.; Martin Neto, L.; Pauletti, V. Formas químicas, disponibilidade de manganês e produtividade de soja em solos sob semeadura direta. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.1, p.121-136, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n1/a13v30n1.pdf>>. 12 Jan. 2011. doi:10.1590/S0100-06832006000100013
- Moterle, L.M.; Santos, R.F. dos; Braccini, A. de L. e; Scapim, C. A.; Lana, M. do C. Influência da adubação com fósforo e potássio na emergência das plântulas e produtividade da cultura da soja. Revista Ciência Agronômica, v.40, n.2, p.256-265, 2009. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/519>>. 18 Jan. 2011.
- Oliveira Júnior, A. de; Prochnow, L.I.; Klepker, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. Scientia Agricola, v.68, n.3, p.376-385, 2011. <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v68n3/v68n3a16.pdf>>. 17 Jun. 2011. doi:10.1590/S0103-90162011000300016
- Pegoraro, R.F.; Silva, I.R. da; Novais, R.F.; Mendonça, E. de S.; Gebrim, F. de O.; Moreira, F.F. Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.5, p.859-868, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n5/12.pdf>>. 14 Jan. 2011. doi:10.1590/S0100-06832006000500012
- Pimentel Gomes, F. Curso de Estatística Experimental. 14 ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477p.
- Pimentel Gomes, F. Curso de estatística experimental. 5.ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 1973. 430p.
- Rezende, P.M. de; Carvalho, E. de A. Avaliação de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para o sul de Minas Gerais. Ciência e Agrotecnologia, v.31, n.6, p.1616-1623, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a03v31n6.pdf>>. 07 Jan. 2011. doi:10.1590/S1413-70542007000600003
- Rhoton, F.E. Influence of time on soil response to no-till practices. Soil Science Society of America Journal, v.64, n.2, p.700-709, 2000. <<https://www.soils.org/publications/sssaj/articles/64/2/700?highlight>>. 16 Dez. 2010. doi:10.2136/sssaj2000.642700x
- Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V., V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359p.
- Rosolem, C.A.; Tavares, C.A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja (nota). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.2, p.385-389, 2006. <<http://www.cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/31/16>>. 04 Jan. 2011.
- Rosolem, C.A.; Biscaro, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.10, p.1473-1478, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n10/a15v4210.pdf>>. 18 Dez. 2010. doi:10.1590/S0100-204X2007001000015
- Rosolem, C.A.; Zancanaro, L.; Biscaro, T. Boro disponível e resposta da soja em latossolo vermelho-amarelo do Mato Grosso. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.6, p.2375-2383. 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n6/v32n6a16.pdf>>. 17 Jan. 2011. doi:10.1590/S0100-06832008000600016
- Santos, F.C.; Novais, R.F.; Neves, J.C.L.; Foloni, J.M.; Albuquerque Filho, M.R. de; Ker, J. C. Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.5, p.2015-2025, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/23.pdf>>. 11 Jan. 2011. doi:10.1590/S0100-06832008000500023