

GLYPHOSATE E ADUBAÇÃO FOLIAR COM MANGANÊS NA CULTURA DA SOJA TRANSGÊNICA¹

Glyphosate and Foliar Fertilization Using Manganese in Transgenic Soybean Crop

CORREIA, N.M.² e DURIGAN, J.C.²

RESUMO - Com base na hipótese de que a soja transgênica tolerante ao glyphosate necessitaria da adição complementar de manganês devido a alterações na absorção e no metabolismo do elemento pelas plantas, objetivou-se estudar a interação da soja transgênica pulverizada com glyphosate e a adubação foliar com manganês. Foi desenvolvido experimento em campo, no ano agrícola 2007/2008, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da UNESP, campus de Jaboticabal, SP. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Foram avaliados quatro manejos de plantas daninhas [glyphosate (p.c. Roundup Ready) a 0,72 e 1,20 kg ha⁻¹ de equivalente ácido, fluazifop-p-butyl + fomesafen (p.c. Fusiflex) a 0,25 + 0,25 kg ha⁻¹ e testemunha capinada, sem herbicida] e quatro doses (0, 42, 84 e 126 g ha⁻¹) de manganês em aplicação foliar na soja. Os tratamentos estudados não alteraram significativamente a produtividade de grãos, os teores de manganês no solo, a altura e a matéria seca das plantas de soja. Apenas a mistura fluazifop-p-butyl mais fomesafen ocasionou injúrias visuais nas plantas, porém os sintomas ficaram restritos às folhas que interceptaram o jato de pulverização. Para massa de 100 grãos, os herbicidas estudados não diferiram da testemunha; no entanto, as plantas tratadas com 0,72 kg ha⁻¹ de glyphosate apresentaram menor massa de grãos. A aplicação de manganês não influenciou os teores do elemento nas plantas tratadas com glyphosate e naquelas sem herbicida. Portanto, o glyphosate não prejudicou a absorção ou o metabolismo do manganês pela planta, e o crescimento e desenvolvimento das plantas tratadas foram estatisticamente similares aos das não tratadas com herbicidas.

Palavras-chave: aplicação foliar, micronutriente, Mn, Roundup Ready, *Glycine max*.

ABSTRACT - Based on the hypothesis that glyphosate-tolerant transgenic soybean would need a manganese complementation due to alterations in the absorption and metabolism of this element by the plants, this work aimed to evaluate the interaction of transgenic soybean sprayed with glyphosate and manganese foliar fertilization. The experiment was carried out under field conditions in the agricultural year 2007/2008 on the UNESP Campus Teaching, Research and Production Farm in Jaboticabal, São Paulo, Brazil. An experiment was arranged in a randomized block design, in a factorial scheme (4 x 4), with four replications. Four weed controls [glyphosate (c.p. Roundup Ready) at 0.72 and 1.20 kg ha⁻¹ of equivalent acid; fluazifop-p-butyl plus fomesafen (c.p. Fusiflex) at 0.25 plus 0.25 kg ha⁻¹ and under mechanical control, without herbicide] and four manganese rates (0, 42, 84 and 126 g ha⁻¹) were applied on the soybean leaf. The treatments did not significantly affect grain yield, manganese concentration in the soil, height and dry matter of the soybean plants. Only the mixture fluazifop-p-butyl plus fomesafen caused visible injuries in the plants. However, the symptoms were restricted to the leaves that intercepted spraying. The herbicide treatments did not differ from the control for 100 grain mass, although the plants treated with glyphosate 0.72 kg ha⁻¹ presented less grain mass. Manganese application did not influence element concentration in the plant treated with glyphosate and under mechanical control. Therefore, glyphosate did not impair manganese absorption or metabolism by the plant. Growth and development of the herbicide-treated plants were statistically similar to those of the plants not treated with herbicides.

Keywords: foliar application, micronutrients, Mn, Roundup Ready, *Glycine max*.

¹ Recebido para publicação em 9.10.2008 e na forma revisada em 13.11.2009.

² Prof., Dr., do Dep. de Fitossanidade da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n., 14884-900 Jaboticabal-SP, Brasil, <correianm@fcav.unesp.br>.



INTRODUÇÃO

O manganês desempenha importantes funções na planta, destacando-se a participação na fotossíntese (evolução do O_2 e fotólise da água), no metabolismo do nitrogênio (especialmente na redução sequencial do nitrato) e também nos compostos cíclicos, como precursores de aminoácidos aromáticos, hormonais (auxinas), fenóis e ligninas (Heenan & Campbell, 1980). O acúmulo de manganês ocorre, particularmente, nas células periféricas da folha e do pecíolo (Marenco & Lopes, 2007).

Esse elemento é absorvido como Mn^{+2} e é transportado pelo xilema até a parte aérea. O manganês compete e reduz a absorção de outros elementos, principalmente a de Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} e, em menor grau, a de K^+ . Consequentemente, a deficiência de cálcio é um dos efeitos da toxidez de manganês, porém a alta disponibilidade de NH_4^+ no solo pode reduzir a absorção de Mn^{+2} ; assim, a toxidez de manganês é menos severa quando o nitrogênio é fornecido como NH_4^+ (Mukhopadhyay & Sharma, 1991).

Segundo observações feitas por agricultores nos EUA, a produtividade da soja geneticamente modificada é menor do que nas variedades convencionais (Gordon, 2007). Mesmo em ótimas condições edafoclimáticas e fitossanitárias, a produção não é tão elevada como esperado. A esse respeito, Gordon (2007) relatou que o gene adicionado na soja transgênica pode ter alterado outros processos fisiológicos na planta e que o herbicida glyphosate pode retardar a absorção e a translocação do manganês na planta ou ter efeito adverso nas populações de microrganismos do solo responsáveis pela redução do elemento na forma disponível para a planta. O somatório desses efeitos exigiria a adição suplementar de manganês, no período adequado, para evitar a deficiência e resultar em produtividades maiores de soja.

Além dos possíveis efeitos na absorção e no metabolismo do manganês, alguns autores também questionaram a influência do glyphosate na fixação e no metabolismo do nitrogênio. No entanto, apesar de redução no conteúdo de clorofila, biomassa de nódulos e conteúdo de legmoglobina (Reddy et al., 2000)

e fixação e acúmulo de nitrogênio nas raízes (King et al., 2001) de algumas variedades transgênicas tolerantes ao glyphosate, a maior parte dos trabalhos comprovou ausência de efeito significativo na produtividade de grãos (Reddy & Whiting, 2000; Elmore et al., 2001a; Krausz & Young, 2001; Norsworthy, 2004; Nurse et al., 2007; Zablotowicz & Reddy, 2007; Correia & Durigan, 2007; Correia et al., 2008). Alguns estudos reportaram redução na produção de grãos de soja sob condições de estresse, como o baixo aproveitamento de água por certas variedades de soja geneticamente modificadas (Elmore et al., 2001b; King et al., 2001).

Respostas fisiológicas e produtivas das variedades transgênicas podem ser variáveis e também dependentes da localidade geográfica, das condições ambientais, do tipo de solo e da sensibilidade a populações nativas de *Bradyrhizobium japonicum* (Zablotowicz & Reddy, 2007). Para esses autores as injúrias causadas são oriundas da formação de aminometilfosfônico (AMPA), a partir da degradação de glyphosate nas plantas. A dimensão dos danos dependerá da concentração de AMPA nas plantas, que será em função da dose utilizada de glyphosate, do genótipo de soja e das condições ambientais (Zablotowicz & Reddy, 2007).

Com base na hipótese de que a soja transgênica tolerante ao glyphosate necessitaria da adição complementar de manganês devido a alterações na absorção e no metabolismo do elemento pelas plantas, objetivou-se estudar a interação da soja transgênica pulverizada com glyphosate e a sua adubação foliar com manganês.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em campo, no ano agrícola 2007/2008, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção da UNESP, campus de Jaboticabal, SP. O solo da área experimental é de textura argilosa, com constituição granulométrica, em $g\ kg^{-1}$, de 580 de argila, 110 de limo e 310 de areia. A sua análise química apresentou pH em água de 5,4; CTC, soma de bases, H + Al, Ca, Mg e K de 63, 47,6, 28, 28, 16 e 3,6 $mmol\ dm^{-3}$, respectivamente; 19 $g\ dm^{-3}$ de matéria orgânica; e 19 $g\ dm^{-3}$ de P.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, no esquema fatorial 4 x 4, com quatro repetições. Foram avaliados quatro manejos de plantas daninhas [glyphosate (p.c. Roundup Ready) a 0,72 e 1,20 kg ha⁻¹ de equivalente ácido, fluazifop-p-butyl + fomesafen (p.c. Fusiflex) a 0,25 + 0,25 kg ha⁻¹ e testemunha capinada, sem herbicida] e quatro doses (0, 42, 84 e 126 g ha⁻¹) de manganês em aplicação foliar na soja. O produto comercial utilizado à base de manganês foi o Nutrioxi Mn, quelatizado, contendo 14% (m/v) de manganês na sua formulação e densidade de 1,36 g mL⁻¹.

As plantas daninhas presentes na área experimental foram eliminadas por meio da aplicação dos herbicidas glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ de equivalente ácido) e 2,4-D (0,806 kg ha⁻¹) aos 12 dias antes da semeadura da soja, quando as condições edafoclimáticas foram satisfatórias.

A soja (cv. M-SOY 8008 RR) foi semeada no dia 5 de dezembro de 2007 no sistema de semeadura direta, a uma profundidade de 5 cm, com 0,45 m de distância entre linhas e 21 sementes por metro. No sulco de semeadura foram aplicados 250 kg ha⁻¹ da fórmula 08-20-20 e 3 mL do inoculante líquido Urulec-L por kg de sementes de soja, contendo 5,0 x 10⁹ células viáveis de *Bradyrhizobium* por mL.

As parcelas apresentaram 3,15 m de largura e 5 m de comprimento, com área útil de 7,2 m², quatro linhas centrais e 4 m de comprimento.

Os herbicidas e o manganês foram pulverizados quando as plantas de soja encontravam-se nos estádios de desenvolvimento V₃ (22 dias após a semeadura) e V₅ (31 dias após a semeadura), respectivamente. Foi utilizado pulverizador costal, à pressão constante (mantida por CO₂ comprimido) de 2,9 kgf cm⁻²,

munido de barra com seis bicos de jato plano (“leque”) XR11002, espaçados de 0,5 m, com consumo de calda equivalente a 200 L ha⁻¹. No momento da aplicação, foram registrados os valores de temperatura do ar, temperatura do solo, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos (Tabela 1).

Todas as parcelas foram mantidas sem plantas daninhas até o fechamento da cultura, com a eliminação manual de eventuais escapes do controle químico e a remoção (capina) de todas as plantas daninhas no tratamento sem herbicida.

As injúrias visuais nas plantas de soja foram avaliadas aos 7, 14 e 21 dias após a aplicação (DAA) dos herbicidas, utilizando-se escala de notas de 0 a 100%, em que zero representa a ausência de injúrias visuais e 100 a morte da planta.

Aos 39 dias após a aplicação do manganês (DAA_{Mn}) foram quantificadas a altura das plantas (cm) de soja, considerando-se a distância entre o colo e a extremidade da haste principal, e a matéria seca da parte aérea das plantas (g por planta). Esses valores foram tomados de dez plantas em linha na área útil da parcela.

Também aos 39 DAA_{Mn} foram determinados os teores de manganês nas folhas e no solo. Coletou-se o terceiro trifólio a partir do ápice de 15 plantas, escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada parcela. A soja encontrava-se no estágio fenológico R₂. O material foi levado para o Ribersolo Laboratório de Análise de Solo e Foliar Ltda., em Ribeirão Preto-SP, para análise de manganês por meio de extração via seca. As folhas foram incineradas a 500 °C e depois o resíduo inorgânico (cinza) foi dissolvido com solução ácida. As amostras de solo – quatro subamostras por parcela – foram coletadas com auxílio de trado, na profundidade de 0 a 20 cm. As amostras

Tabela 1 - Temperaturas do ar e do solo, umidade relativa do ar e velocidade do vento no início e final das aplicações dos herbicidas e do manganês, além das datas e horários das pulverizações. UNESP/Campus de Jaboticabal, SP. 2007/2008

| Aplicação | Data | Horário | Temperatura (°C) | | Umidade relativa do ar (%) | Velocidade do vento (km h ⁻¹) |
|------------|------------|----------|------------------|-----------|----------------------------|---|
| | | | Ar | Solo | | |
| Herbicidas | 27/12/2007 | 8h25-9h5 | 26,6-27,3 | 26,6-26,6 | 64-53 | 1,5-4,4 |
| Manganês | 5/1/2008 | 9h-9h50 | 27,7-30,2 | 26,6-27,0 | 69-48 | 2,5-3,7 |



foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Solos e Adubos, da UNESP, campus de Jaboticabal-SP, para determinação de manganês em DTPA (solução de ácido dietileno-triaminopentacético).

No fim do ciclo das plantas, para avaliação da produtividade de grãos de soja (kg ha^{-1}) e da massa de 100 grãos (g), foram colhidos mecanicamente os grãos de três linhas com 4 m de comprimento, que foram trilhadas, e a umidade dos grãos foi corrigida para 13%.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Os efeitos dos herbicidas/testemunha, quando significativos, foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As doses de manganês foram submetidas à análise de regressão, escolhendo-se o modelo de ajuste dos dados pelo maior coeficiente de determinação e, principalmente, pela sua significância ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) no teste F. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR (Ferreira, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo dos herbicidas apenas nas avaliações de fitointoxicação realizadas aos 7 e 14 dias após a aplicação (DAA) e na massa de 100 grãos (Tabela 2). A aplicação foliar de manganês alterou unicamente o teor do elemento nas folhas. A interação (herbicidas x doses de manganês) foi significativa apenas para a concentração de manganês nas folhas.

Apenas a mistura fluazifop-p-butyl mais fomesafen ocasionou injúrias visuais nas plantas de soja (Tabela 3), porém os sintomas ficaram restritos às folhas que interceptaram o jato de pulverização e diminuíram ao longo do tempo. Aos 21 DAA não foram mais observados danos visíveis – resultado da recuperação das plantas. Para massa de 100 grãos, os herbicidas estudados não diferiram da testemunha; no entanto, as plantas tratadas com $0,72 \text{ kg ha}^{-1}$ de glyphosate apresentaram menor massa de grãos (Tabela 3).

Segundo Bellaloui et al. (2008), mesmo com redução na assimilação de nitrogênio, o glyphosate não alterou a produção de grãos de soja transgênica. A aplicação de glyphosate nos estádios vegetativos e no início do ciclo reprodutivo da soja, quando a assimilação de

Tabela 3 - Massa de 100 grãos e notas de fitointoxicação (%) aos 7 e 14 dias após a aplicação de herbicidas em soja transgênica. UNESP/campus de Jaboticabal, SP. 2007/2008

| Herbicida/testemunha | Dose (kg ha^{-1}) | Fitointoxicação (%) - DAA | | Massa de 100 grãos (g) |
|-----------------------|------------------------------|---------------------------|--------|------------------------|
| | | 7 | 14 | |
| Glyphosate | 0,72 | 0,00 a | 0,00 a | 16,81 b |
| Glyphosate | 1,20 | 0,00 a | 0,00 a | 17,25 ab |
| Fluazifop + fomesafen | 0,25+0,25 | 29,38 b | 5,69 b | 17,62 a |
| Testemunha | | 0,00 a | 0,00 a | 17,06 ab |
| DMS | | 1,90 | 1,36 | 0,73 |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - Fontes de variação, graus de liberdade e quadrado médio das características avaliadas na soja transgênica e no solo. UNESP/campus de Jaboticabal, SP. 2007/2008

| Fonte de variação | GL | Fitointoxicação (%) DAA ^{1/} | | Altura de plantas (cm) | Matéria seca (g por planta) | Massa de 100 grãos (g) | Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) | Mn solo (mg dm^{-3}) | Mn folha (mg kg^{-1}) |
|-------------------|----|---------------------------------------|----------|------------------------|-----------------------------|------------------------|--|---------------------------------|----------------------------------|
| | | 7 | 14 | | | | | | |
| Herb/test | 3 | 3451,56** | 129,39** | 32,79 | 38,77 | 1,88* | 109518,33 | 185,39 | 1090,50 |
| Doses de Mn | 3 | 2,60 | 1,81 | 31,88 | 3,39 | 1,12 | 83100,54 | 74,35 | 1791,38* |
| Herb/test x Mn | 9 | 2,60 | 1,81 | 35,39 | 26,23 | 0,58 | 574974,19 | 17,75 | 1329,76** |
| Bloco | 3 | 9,89 | 1,18 | 177,21 | 55,96 | 0,08 | 1305706,80 | 745,81 | 36620,62 |
| Resíduo | 45 | 4,06 | 2,09 | 35,55 | 21,61 | 0,61 | 291535,41 | 72,92 | 463,95 |
| CV (%) | | 27,45 | 101,76 | 6,74 | 22,10 | 4,53 | 16,41 | 12,72 | 20,49 |
| Média geral | | 7,34 | 1,42 | 88,50 | 21,04 | 17,19 | 3289,85 | 67,14 | 105,12 |

^{1/} Dias após a aplicação dos herbicidas.

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

nitrito é maior e menos sensível ao herbicida, pode explicar o efeito na assimilação de nitrogênio. Esses autores sugeriram ainda possíveis alterações no metabolismo de carbono em soja geneticamente modificada pulverizada com altas doses de glyphosate.

Ao desdobrar a interação herbicidas x doses de manganês (Tabela 4), constatou-se que a aplicação de manganês não influenciou os teores do elemento nas plantas tratadas com glyphosate e naquelas sem herbicida. Contudo, quando aplicado fluazifop mais fomesafen, houve diferença entre as doses, com ajuste polinomial dos dados. Sem a adubação foliar de manganês, quantificou-se maior concentração do elemento nas plantas pulverizadas com 0,72 kg ha⁻¹ de glyphosate, diferindo da testemunha sem herbicida. O mesmo foi observado quando se aplicaram 42 g ha⁻¹ de manganês, porém a menor dose de glyphosate diferiu apenas de fluazifop mais fomesafen. Nas outras doses de manganês não houve diferença significativa entre os tratamentos herbicidas e a testemunha.

Bott et al. (2008) relataram que em solo de pH 4,5 (Arenosol) as plantas de soja transgênica (cv. Valiosa) pulverizadas com 0,9 e 1,8 kg ha⁻¹ de glyphosate apresentaram menor matéria seca da parte aérea do que a testemunha sem herbicida; o mesmo não ocorreu quando as plantas foram mantidas em solo de pH 7,6 (Luvisol). Para matéria seca da raiz, independentemente do pH e do tipo de solo, o glyphosate não alterou o crescimento das raízes de soja. Esses autores constataram ainda que o glyphosate resultou em menor teor de zinco nas folhas de soja transgênica sob solo de pH 4,5 (Arenosol). Já para o manganês, em ambos os solos, os teores desse elemento nas folhas não foram alterados pela aplicação de glyphosate. Esses resultados corroboram os dados obtidos no presente estudo.

Teores de manganês nas folhas de soja entre 10 e 20 mg kg⁻¹ causam o aparecimento de sintomas de deficiência nas plantas de soja (Oliveira Junior et al., 2000). No presente estudo, os teores médios de manganês quantificados nas folhas, com relação às doses de 0, 42, 84 e 126 g ha⁻¹, foram: 110, 115, 106 e 90 mg kg⁻¹. Esses valores estão bem acima dos teores considerados como nível crítico (entre 10 e 20 mg kg⁻¹) para que ocorram sintomas

de deficiência. Com e sem a aplicação de manganês, o seu teor nas folhas foi considerado alto (Embrapa, 2006), o que é justificado pelos altos teores de manganês no solo (Tabela 2).

Apesar das diferenças na concentração do elemento nas folhas, isso não se refletiu na produtividade de grãos. Moreira et al. (2006) também relataram que a aplicação de manganês no solo (1,5; 3,0; 6,0; 12,0; e 48,0 kg ha⁻¹) não influenciou a produtividade da soja nos quatro locais selecionados para o estudo. Isso é justificado pela complexação de grande parte do manganês aplicado pela matéria orgânica e pelo aumento do elemento na forma de óxidos no solo (Moreira et al., 2006). No entanto, Mann et al. (2001) constataram que a aplicação de manganês nas suas diferentes formas (época e local, solo/folha) proporcionou aumentos significativos na produção de grãos de soja e nos teores foliares do elemento, em vaso. Em outro trabalho, as maiores produções estiveram associadas aos teores de 150 a 350 mg kg⁻¹ de manganês nas folhas, e as menores, quando os teores foliares, considerados tóxicos, foram de 1.155 a 2.380 mg kg⁻¹ de manganês (Oliveira Junior et al., 2000). A aplicação de manganês via foliar foi suficiente para aumentar a produção de matéria seca das plantas e de grãos, comparado aos melhores tratamentos via solo (Oliveira Junior et al., 2000).

Em casa de vegetação, os teores de manganês nas folhas de soja transgênica não foram alterados pela aplicação de glyphosate (2,0 kg ha⁻¹ de equivalente ácido). Contudo, para nitrogênio, cálcio, ferro e cobre houve redução nos valores, em relação à testemunha sem herbicida (Santos et al., 2007).

Pesquisa realizada no estado do Kansas, nos Estados Unidos, em solo de pH 7,0 e textura média, com e sem a aplicação de sulfato de manganês granular na linha de semeadura, demonstrou que sem a adição do elemento a variedade convencional (KS 4202) de soja produziu cerca de 470 kg ha⁻¹ a mais que a sua isolinha tolerante ao glyphosate (KS 4202 RR) (Gordon, 2007). A soja tolerante ao glyphosate respondeu favoravelmente à aplicação de doses crescentes de manganês, enquanto a variedade convencional apresentou queda de produtividade na dose mais elevada. Sem a



Tabela 4 - Efeito da aplicação foliar de manganês e dos tratamentos de herbicidas nos teores de manganês das folhas (mg kg⁻¹) de soja transgênica. UNESP/campus de Jaboticabal - SP. 2007/2008

| Herbicida/testemunha | Dose (kg ha ⁻¹) | Dose de manganês (g ha ⁻¹) | | | | Equação de regressão |
|-----------------------|-----------------------------|--|-----------|----------|----------|---|
| | | 0 | 42 | 84 | 126 | |
| | | Teores de manganês das folhas (MG kg ⁻¹) | | | | |
| Glyphosate | 0,72 | 132,75 a | 142,75 a | 92,75 a | 81,25 a | Não significativo |
| Glyphosate | 1,20 | 102,25 ab | 102,25 ab | 119,50 a | 107,00 a | Não significativo |
| Fluazifop + fomesafen | 0,25+0,25 | 120,75 ab | 96,75 b | 117,50 a | 93,50 a | y=-0,00006x ² -0,0144x+137,68 R ² =0,82** |
| Testemunha | | 83,00 b | 116,50 ab | 94,75 a | 78,75 a | Não significativo |
| DMS | | 40,64 | | | | |
| Média | | 109,69 | 114,56 | 106,12 | 90,12 | |

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F da análise de variância.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

aplicação de manganês, o teor do elemento nas folhas da soja transgênica foi menos da metade do quantificado na variedade convencional, porém, com a adição, as duas variedades se comportaram de forma semelhante. O mesmo ocorreu quando o manganês foi aplicado via foliar (Gordon, 2007).

O fator mais importante responsável pela disponibilidade do manganês para as plantas, em condições normais, é a reação do solo, pois a absorção desse elemento decresce com a elevação do pH, em decorrência da formação de hidróxidos e óxido de manganês de baixa solubilidade (Oliveira Junior et al., 2000). Assim, em solos de pH alto, como no trabalho realizado por Gordon (2007), há menor quantidade de manganês no solo disponível às plantas. Portanto, pode-se afirmar que o efeito do glyphosate na dinâmica do manganês pode ser acentuado em condições de baixa concentração do elemento disponível no solo.

Os resultados conflitantes relacionados à redução de produtividade de grãos de soja transgênica não têm sido consistentes, mesmo sendo observadas alterações no metabolismo do nitrogênio (King et al., 2001; Bellaloui et al., 2008) ou do manganês (Gordon, 2007). Vale ressaltar que o manganês desempenha importante função no metabolismo do nitrogênio, especialmente na redução sequencial do nitrato (Heenan & Campbell, 1980), comprovando a estreita relação entre os elementos.

Com base nos resultados, pode-se concluir que o glyphosate não prejudicou a absorção ou o metabolismo do manganês pela planta, e o

crescimento e desenvolvimento das plantas tratadas foram estatisticamente similares aos das não tratadas com herbicidas.

LITERATURA CITADA

- BELLALLOUI, N. et al. Nitrogen metabolism and seed composition as influenced by glyphosate application in glyphosate-resistant soybean. **J. Agric. Food Chem.**, v. 56, n. 8, p. 2765-2772, 2008.
- BOTT, S. et al. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Plant Soil**, v. 312, n. 1-2, p. 185-194, 2008.
- CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.
- CORREIA, N. M.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G. J. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p. 563-568, 2008.
- ELMORE, R. W. et al. Glyphosate-resistant soybean cultivar response to glyphosate. **Agron. J.**, v. 93, n. 2, p. 404-407, 2001a.
- ELMORE, R. W. et al. Glyphosate-resistant soybean cultivar yields compared with sister lines. **Agron. J.**, v. 93, n. 2, p. 408-412, 2001b.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil - 2007**. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225 p. (Sistemas de Produção)



- FERREIRA, D. F. **Sisvar - Sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. 19 p.
- GORDON, B. Adubação com manganês em soja convencional e soja resistente ao glifosato. **Inf. Agron.**, n. 117, p. 6-7, 2007.
- HEENAN, D. P.; CAMPBELL, L. C. Soybean nitrate reductase activity influenced by manganese nutrition. **Plant Cell Physiol.**, v. 21, n. 4, p. 731-736, 1980.
- KING, C. A.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. **Agron. J.**, v. 93, n. 1, p. 179-186, 2001.
- KRAUSZ, R. E.; YOUNG, B. G. Response of glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*) to trimethylsulfonium and isopropylamine salts of glyphosate. **Weed Technol.**, v. 15, n. 4, p. 745-749, 2001.
- MANN, E. N. et al. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ci. Agrotec.**, v. 25, n. 2, p. 264-273, 2001.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 469 p.
- MOREIRA, S. G. et al. Formas químicas, disponibilidade de manganês e produtividade de soja em solos sob semeadura direta. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 30, n. 3, p. 121-136, 2006.
- MUKHOPADHYAY, M. J.; SHARMA, A. Manganese in cell metabolism of higher plants. **Bot. Rev.**, v. 57, n. 2, p. 117-149, 1991.
- NORSWORTHY, J. K. Broadleaved weed control in wide-row soybean (*Glycine max*) using conventional and glyphosate herbicide programmes. **Crop Protec.**, v. 23, n. 12, p. 1229-1235, 2004.
- NURSE, R. E. et al. Is the application of a residual herbicide required prior to glyphosate application in no-till glyphosate-tolerant soybean (*Glycine max*)? **Crop Protec.**, v. 26, v. 4, p. 484-489, 2007.
- OLIVEIRA JUNIOR, J. A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Efeitos do manganês sobre a soja cultivada em solo de cerrado do Triângulo Mineiro. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 35, n. 8, p. 1629-1636, 2000.
- REDDY, K. N.; HOAGLAND, R. E.; ZABLOTOWICZ, R. M. Effect of glyphosate on growth, chlorophyll, and nodulation in glyphosate-resistant and susceptible soybean (*Glycine max*) varieties. **J. New Seeds**, v. 2, n. 1, p. 37-52, 2000.
- REDDY, K. N.; WHITING, K. Weed control and economic comparisons of glyphosate-resistant, sulfonyleurea-tolerant, and conventional soybean (*Glycine max*) systems. **Weed Technol.**, v. 14, n. 1, p. 204-211, 2000.
- SANTOS, J. B. et al. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007.
- ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protec.**, v. 26, n. 3, p. 370-376, 2007.

