

# Efeito de glyphosate e manganês na nutrição e produtividade da soja transgênica

## Effect of glyphosate and manganese on nutrition and yield of transgenic glyphosate-resistant soybean

Fabio Fernando Stefanello<sup>1</sup>; Marlene Estevão Marchetti<sup>2</sup>; Eulene Francisco da Silva<sup>3\*</sup>; Josemar Stefanello<sup>1</sup>; Rafael Bonifácio Sabino Doreto<sup>1</sup>; Jose Oscar Novelino<sup>2</sup>

### Resumo

Pesquisas sugerem que a aplicação de glyphosate em soja transgênica (soja RR) pode causar deficiência induzida de Mn. Assim, objetivou-se com o trabalho avaliar a aplicação de Mn e glyphosate em pós-emergência em diferentes estádios fenológicos da soja RR e, seus efeitos nos teores foliares de nutrientes e produtividade de grãos. O experimento foi realizado em duas propriedades no município de Rio Brillhante – MS, ambos com delineamento experimental em blocos casualizados, com seis repetições na Fazenda Lages de Pedra, e quatro na Fazenda São Manoel. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 3 x 8, onde o fator A consistiu de três tratamentos com glyphosate (sem aplicação de glyphosate, aplicação de 720 g i.a. no estágio fenológico V2 + 480 g i.a. em V4, e aplicação de 1.200 g i.a. no estágio V4). O fator B consistiu de oito tratamentos com aplicação foliar de Mn sendo uma testemunha, e sete formas de aplicação de Mn via foliar com 332 g ha<sup>-1</sup>, divididos em diferentes estádios de fenológicos. A aplicação de glyphosate na soja transgênica não apresentou efeito nos teores foliares de nutrientes, inclusive na absorção de Mn. A produtividade e a massa de 100 grãos não foram influenciadas pela aplicação de glyphosate ou pela adubação foliar com Mn, e a aplicação foliar de Mn influenciou apenas os teores foliares de Mn e Fe.

**Palavras chave:** Roundup ready, deficiência de micronutriente, herbicida

### Abstract

Research suggests that the application of glyphosate on transgenic glyphosate-resistant soybean can cause induced deficiency of Mn. Thus, the aim of this work was to evaluate the application of glyphosate and manganese in post-emergence on different phenological growth stages of RR soybean and its effects on leaf nutrient contents and productivity of grains. The experiment was carried out at two farms in Rio Brillhante-MS, both with randomized block experimental design with six replications at Lages de Pedra farm and four replications at São Manoel farm. Treatments were established in 3 x 8 factorial schemes, where the factor A consisted of three treatments with glyphosate (without the application of glyphosate, application of 720 g i.a. in the growth stage V2 + 480 g a. in V4, and application of 1.200 g i.a. in V4 growth stage). The factor B consisted of eight treatments with foliar application of Mn being without application, and seven Mn application was sprayed the leaves with 332 g ha<sup>-1</sup>, divided into different

<sup>1</sup> Mestrando de Pós graduação em Agronomia: Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD. Rod. Dourados Itahum Km 12, Cx postal 533, CEP 79.804-970. E-mail: fabiostefanello@hotmail.com; josemarstefanello@hotmail.com; rbsdoreto@hotmail.com

<sup>2</sup> Profs. Adjuntos do Departamento de Ciências Agrárias, FCA/UFGD. Rod. Dourados Itahum Km 12, Cx postal 533, CEP 79.804-970 E-mail: marlenemarchetti@ufgd.edu.br; josenovelino@ufgd.edu.br

<sup>3</sup> Prof<sup>a</sup> Visitante (DCR FUNDECT/CNPq), Universidade Federal da Grande Dourados, FCA/UFGD. Rod. Dourados Itahum Km 12, Cx postal 533, CEP 79.804-970. E-mail: eulene\_silva@yahoo.com.br

\*Autor para correspondência

growth stages. The application of glyphosate on transgenic soybean did not have effect on leaf nutrient contents, including the absorbing of Mn. Yield and mass of 100 grains were not influenced by applying of glyphosate neither by leaf fertilization with Mn, and leaf applying of Mn influenced only the leaf contents of Mn and Fe.

**Key words:** Roundup ready, micronutrient deficiency, herbicide

Avanços na biotecnologia possibilitaram a criação de variedades de soja transgênica resistente ao glyphosate – Roundup Ready® (soja RR). Esta tecnologia proporcionou o uso do herbicida em pós-emergência na soja, com eficácia e amplo espectro de controle de plantas daninhas. Na safra 2007/08 aproximadamente 65% da soja cultivada no Brasil foi transgênica, sendo que o aumento da área cultivada com transgênicos no país no ano de 2007 foi de 3,5 milhões de hectares, o maior do mundo em termos absolutos (JAMES, 2007).

A rápida e crescente difusão da soja transgênica tem gerado intensos debates sobre as vantagens e desvantagens técnicas e econômicas dessa tecnologia. Recentes trabalhos a campo realizados nos Estados Unidos registraram um amarelecimento das folhas na soja RR após a aplicação de glyphosate. Sugeriu-se que este sintoma foi resultante de uma deficiência induzida de micronutriente, especialmente o manganês (Mn), causada pela aplicação deste herbicida (HUBER, 2007). Este efeito tem sido fonte de preocupação, pois pode ocasionar um decréscimo da produtividade de grãos nesta cultura por falta deste micronutriente.

A aplicação de glyphosate em soja RR resultou em decréscimo da população dos organismos redutores e aumento de organismos oxidantes de Mn na rizosfera da planta. Este aumento da população de organismos oxidantes favoreceu a transformação do  $Mn^{2+}$  (forma ativa, absorvível pelas plantas) em  $Mn^{4+}$  (forma inativa, não absorvível pelas plantas) causando, como consequência, deficiência de Mn na soja RR (HUBER, 2007).

Experimentos desenvolvidos em hidroponia demonstraram que mesmo a aplicação em níveis baixos (1,25 a 6 % da dose recomendada, comparáveis aos níveis de deriva em plantas não-

alvo) de glyphosate causou um acentuado declínio na absorção, transporte e acúmulo de Fe, Zn e Mn por plantas de girassol (EKER et al., 2006; OZTURK et al., 2008). Além do que o cultivo de variedades de soja RR altamente produtivas, na região dos Cerrados em solos ácidos e, de baixa fertilidade natural, só foi possível mediante a correção deste solo com calcário, fato que, também induz a deficiência de Mn, podendo agravar ainda mais as injúrias ocasionadas pelo glyphosate na absorção deste nutriente.

No Brasil ainda existe uma grande carência de informações científicas sobre a soja RR nas diversas condições de solo, clima e variedades, principalmente vinculadas aos efeitos da aplicação de glyphosate e absorção de nutrientes, especialmente Mn. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar a aplicação de Mn e glyphosate em pós-emergência em diferentes estádios fenológicos da soja RR e, seus efeitos nos teores foliares de nutrientes e produtividade de grãos.

Para isso, o experimento foi desenvolvido no município de Rio Brillante – MS durante a safra 2007/08, em dois locais, um na Fazenda Lages de Pedra, situada na latitude 21°38'48"S, longitude 54°25'02"O, com 294 m de altitude e o outro na Fazenda São Manoel, situado na latitude 21°41'29"S, longitude 54°30'01"O, com 339 m de altitude, ambos os solos classificados como Latossolo Vermelho distroférico, sendo as características químicas e físicas apresentadas na (Tabela 1). A região possui precipitação pluvial média anual de 1.300 mm e o clima da região é do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen (mesotérmico úmido, com verão chuvoso).

O delineamento experimental utilizado nas duas propriedades foi em blocos casualizados,

com seis repetições na Fazenda Lages de Pedra, e quatro repetições na Fazenda São Manoel. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 3 x 8, e consistiram da combinação de três tratamentos com aplicação de glyphosate e oito tratamentos com aplicação foliar de Mn, variando as épocas

de aplicação. Os três tratamentos com glyphosate foram: 1) Sem aplicação de glyphosate; 2) Aplicação de 720 g ha<sup>-1</sup> do ingrediente ativo (i.a.) de glyphosate aplicado no estágio fenológico da soja V2 + 480 g ha<sup>-1</sup> do i.a. em V4; 3) Aplicação de 1.200 g ha<sup>-1</sup> do i.a. de glyphosate no estágio V4 da soja RR.

**Tabela 1.** Resultados das análises químicas e físicas das amostras de Latossolo Vermelho Distroférico coletadas antes da aplicação dos tratamentos nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel.

Atributos	Faz. Lages de Pedra	Faz. São Manoel
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,9	5,5
MO (g dm <sup>-3</sup> )	19,8	32,2
P Mehlich I (mg dm <sup>-3</sup> )	12,0	8,0
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,4	0,3
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,1	4,3
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,6	2,2
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,3	3,8
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,1	6,8
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10,4	10,6
V (%)	49	64
Fe Mehlich I (mg dm <sup>-3</sup> )	60,6	94,7
Mn Mehlich I (mg dm <sup>-3</sup> )	29,90	73,80
Zn Mehlich I (mg dm <sup>-3</sup> )	2,9	3,1
Cu Mehlich I (mg dm <sup>-3</sup> )	13,8	13,0
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	504	687
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	132	215
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	364	98

Os oito tratamentos com aplicação foliar de Mn foram: 1) Sem aplicação foliar com Mn; 2) Aplicação de Mn no estágio fenológico da soja V4; 3) Aplicação de Mn em V4 + V8; 4) Aplicação de Mn em V4 + R2; 5) Aplicação de Mn em V4 + V8 + R2; 6) Aplicação de Mn em V8; 7) Aplicação de Mn em V8 + R2; 8) Aplicação de Mn no estágio fenológico R2 da soja RR. Em cada aplicação de Mn foi pulverizado via foliar 332 g ha<sup>-1</sup> de Mn.

O herbicida glyphosate utilizado foi Roundup Ready®, cuja formulação corresponde a 648 g do sal de isopropilamina de glyphosate ou 480 g de equivalente ácido do glyphosate. O produto utilizado para fornecer Mn foi o Basfoliar Manganês® (10 % de Mn), que contém como matéria prima sulfato de Mn quelatizado com EDTA e densidade de 1,328 g cm<sup>-3</sup>.

Em ambos os locais a semeadura utilizou-se o sistema de semeadura direta sob palhada de milho. As

parcelas foram constituídas de cinco linhas espaçadas 0,45 m entre si e 6 m de comprimento, perfazendo 13,5 m<sup>2</sup> por parcela. Consideraram-se como área útil as três linhas centrais desprezando-se 1 m em cada extremidade. A semeadura do experimento na Fazenda Lages de Pedra ocorreu no dia 26.10.2007 utilizando-se sementes da variedade Charrua RR e, na Fazenda São Manoel a semeadura ocorreu no dia 18.11.2007 utilizando-se sementes da variedade BRS 245 RR. No plantio utilizou-se como adubação 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 02-20-20. As pulverizações foliares dos tratamentos foram realizadas com auxílio de pulverizador costal pressurizado com gás carbônico (CO<sub>2</sub>), para obtenção de vazão constante de 140 L ha<sup>-1</sup> de calda. O equipamento continha 6 bico espaçados 0,5 m, totalizando 3 m de comprimento. As pontas de pulverização utilizadas foram do tipo leque 110.02. A pressão utilizada foi de 3,0 kgf/cm<sup>2</sup>.

Para a avaliação dos teores de nutrientes, foram feitas amostragens de folhas no florescimento pleno (7 dias após a última aplicação de Mn). Coletou-se o terceiro trifólio com pecíolo a partir do ápice das plantas em número de vinte por parcela. As amostras foram lavadas em água deionizada, secas (estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 55°C) e moídas. Determinaram-se os teores foliares de micronutrientes catiônicos (Mn, Fe, Zn e Cu) conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Para avaliação da massa de 100 grãos e produtividade, colheu-se manualmente a área útil em cada parcela corrigindo-se a umidade para 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em havendo significância, aplicou-se o teste de Skott Knott a 5% de probabilidade. As análises estatísticas e gráficos foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional SAEG 9.1 e Sigma Plot 9.0, respectivamente.

Em relação a todas as características avaliadas não houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os fatores, tratamentos com aplicação de glyphosate x tratamentos com adubação foliar de Mn, indicando que a influência sobre as variáveis estudadas ocorreu

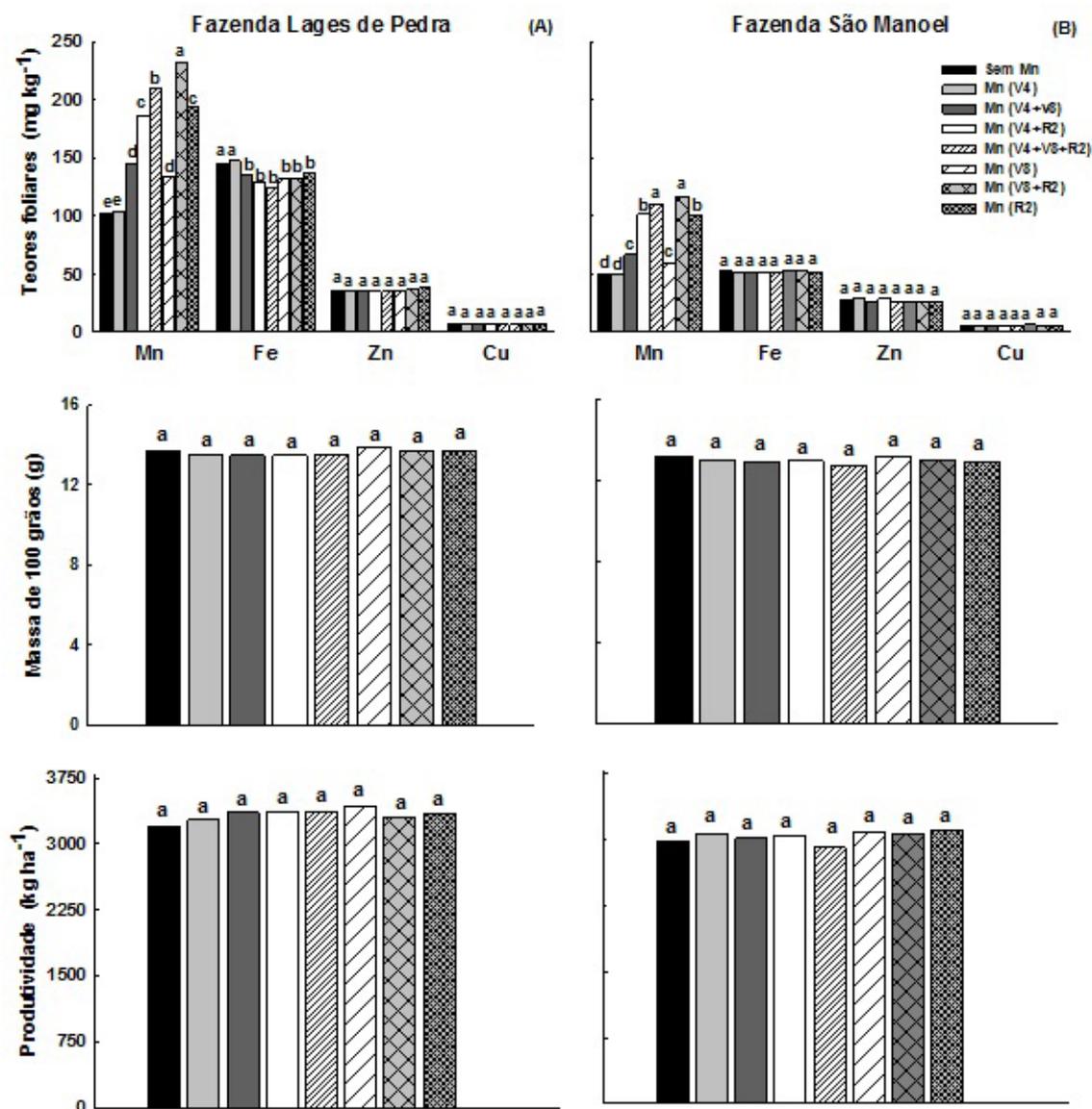
de forma independente. A aplicação de Mn influenciou somente o teor de Mn nos dois locais da pesquisa e o teor de Fe na Faz. Lages de Pedra (Figura 1). Quanto ao glyphosate, não houve diferença significativa entre os tratamentos testados, ou seja, não influenciaram os teores foliares de nutrientes e a produtividade de grãos das plantas de soja.

Não foi observado durante o crescimento e desenvolvimento da cultura, sintomas visuais de fitotoxicidade na soja RR oriundos da aplicação de glyphosate. Esta observação corrobora com os resultados obtidos por Correia e Durigan (2007), que estudando o efeito de oito herbicidas à base de glyphosate, incluindo o mesmo produto utilizado nesta pesquisa (Roundup Ready®), em duas variedades de soja, a CD 214 RR e a M-Soy 8008 RR, não detectaram efeitos fitotóxicos que pudessem ser visualizados nas plantas de soja. Santos et al. (2007) avaliando visualmente os sintomas de intoxicação na variedade CD 219 RR, observaram sintomas de fitotoxicidade variáveis em função das formulações do glyphosate aplicado como pós-emergência. Constataram leve efeito tóxico de Roundup Ready® (25%), seguido por Zapp Qi® (28%) e maior dano causado por Roundup Transorb® (40%), entretanto, no florescimento observaram recuperação das plantas de soja RR (valores entre parênteses correspondem à escala de toxidez). Portanto, é possível que a fitotoxicidade observada em soja RR decorrente da aplicação de glyphosate, notada em algumas regiões, seja em função dos ingredientes inertes existentes em cada formulação comercial de glyphosate, aliado a cultivares de soja RR mais sensíveis a estes compostos.

O teor foliar médio de Mn observado na BRS 245 RR na Faz. São Manoel (81,95 mg kg<sup>-1</sup>) foi 49,3 % inferior ao da Charrua RR na Faz. Lages de Pedra (163,33 mg kg<sup>-1</sup>) (Figura 1). Segundo Lavres Junior et al. (2008) a variação existente na absorção de Mn por diferentes cultivares se deve a diferenças genóticas quanto à absorção, transporte ou distribuição do Mn na planta. Analisando a química do solo nestas duas propriedades, observa-se que o solo da Faz. São Manoel possui maior teor de argila

(687 g kg<sup>-1</sup>) e matéria orgânica do solo (32,2 g dm<sup>-3</sup>) em relação ao solo da Faz Lages de Pedra (504 g kg<sup>-1</sup> e 19,8 g dm<sup>-3</sup>, respectivamente) (Tabela 1). Isto provavelmente influenciou a maior retenção de Mn no solo e, conseqüentemente, menor disponibilidade para absorção. Solos mais arenosos são, naturalmente, mais pobres em micronutrientes e além da pobreza química, os baixos valores de CTC e teores de matéria orgânica do solo proporcionaram menor retenção desses elementos no solo aumentando a sua

disponibilidade para as plantas (BORKERT; PAVAN; BATAGLIA, 2001, NOZAKI; VENDRÚSCOLO, 2010). É importante ressaltar que o Mn disponível as plantas é altamente influenciado pelo pH do solo. O pH da Faz. Lages de Pedra (4,9) é inferior ao da Faz. São Manoel (5,5), proporcionando provavelmente maior quantidade de Mn disponível, o que se reflete no maior teor foliar de Mn nas plantas cultivadas na Faz. Lages de Pedra.



**Figura 1.** Teores foliares de micronutrientes catiônicos, peso de 100 de grãos e produtividade de soja em resposta a tratamentos com aplicação foliar de Mn, nas Fazendas Lages de Pedra (A) e São Manoel (B). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para o teor foliar de Mn na fase de florescimento da cultura, não se constatou diferença para o efeito de glyphosate sobre este micronutriente, sendo o Mn foi influenciado somente pela época e quantidade de Mn aplicado. Em diversos estudos realizados a campo não foram constatados efeitos do glyphosate aplicado em pós-emergência da soja RR sobre a concentração de Mn nos tecidos desta cultura (SANTOS et al., 2007; LOECKER, 2008). Bott et al. (2008) também não detectaram diferença na concentração de Mn nas folhas de soja (BRS Valiosa RR) tratadas ou não com glyphosate. Entretanto, quando o experimento foi desenvolvido em solução nutritiva, à aplicação de glyphosate diminuiu a concentração total de Mn nas folhas de soja em condições de suficiência de Mn, assim, a expressão diferencial destes efeitos em diferentes sistemas de cultivo (hidroponia e cultivo em solo) sugere uma forte relação com as condições de crescimento das plantas e os fatores ambientais.

De forma semelhante os micronutrientes Zn, Cu e Fe não foram alterados por ocasião da aplicação do glyphosate nas duas áreas experimentais, resultados que condizem com os obtidos por Santos et al. (2007) para os nutrientes P, K, Zn e Mn. Os tratamentos com aplicação foliar de Mn também não influenciaram os teores foliares de Zn e Cu por ocasião do florescimento das plantas de soja.

Em ambos os locais onde foram implantados os experimentos houve resposta similar do teor foliar de Mn em relação à aplicação deste micronutriente (Figura 1). Comparada com a testemunha a aplicação foliar com Mn no estágio fenológico V4 da soja RR foi o único de todos os tratamentos analisados que não aumentou significativamente o teor de Mn por ocasião do florescimento para ambos os locais. Em relação a todos os tratamentos, os maiores teores de Mn foram observados quando a pulverização com este micronutriente foi parcelada nos estádios V8 e R2 da soja RR, chegando a atingir valores 225 % superiores ao da testemunha em ambas as áreas (Figura 1). No entanto, quando o Mn foi aplicado somente em V8, esse efeito foi bem menos intenso,

atingindo valores cerca 30,0% superior ao tratamento sem a adubação foliar na área experimental da Faz. Lages de Pedra e 19,0% na Faz. São Manoel.

De maneira geral, os maiores teores foliares de Mn foram observados quando a adubação foliar com este micronutriente foi realizada em R2 (V4 + R2, V8 + R2, V4 + V8 + R2 e R2) (Figura 1). Isto se deve, possivelmente, devido à baixa solubilidade do Mn na planta, e pela adubação ter sido realizada em momento mais próximo da coleta das folhas em que foram realizadas as análises. Provavelmente, estas folhas continham quantidades de Mn ainda não translocadas e metabolizado pela planta.

O teor de Fe foi influenciado pela adubação foliar de Mn somente no experimento implantado na Faz. Lages de Pedra (Figura 1A). A aplicação de Mn no estágio V4 da soja não alterou significativamente o teor foliar de Fe em relação ao tratamento sem aplicação de Mn. Nos demais tratamentos com adubação foliar de Mn houve decréscimo no teor foliar de Fe, porém, sem diferenças significativas entre si ao nível de 5% de probabilidade. A aplicação parcelada de Mn nos estádios V4 + V8 + R2 proporcionou a maior diminuição no teor foliar de Fe das plantas de soja RR, com redução de 14,5 % (Figura 1A). Portanto, nos tratamentos em que foram encontrados os menores teores foliares de Mn (sem aplicação foliar de Mn e quando a aplicação foi realizada somente em V4) ocorreu um maior acúmulo de Fe. O teor foliar de Fe das plantas cultivadas na área experimental da Faz. São Manoel não foi influenciado pela aplicação de Mn (Figura 1B). É possível que a variedade BRS 245 RR não tenha acumulado níveis suficientes de Mn para ocasionar uma inibição na absorção de Fe.

A produtividade de grãos da soja, assim como a massa de 100 grãos, não foram influenciados pela aplicação foliar de Mn ou pela aplicação de glyphosate em pós-emergência da cultura (Figura 1). Experimentos conduzidos por Bailey et al. (2002) sobre a interação de glyphosate com Mn em mistura na calda de pulverização, não registraram

influência da aplicação de glyphosate ou de Mn, sobre a produtividade de grãos na cultivar Asgrow 5401 RR. Foloni et al. (2005) não detectaram efeito do glyphosate aplicado em pós-emergência, tanto em uma única aplicação como em aplicações sequenciais, na produtividade de grãos da cultura da soja na variedade MSoy 8888-RR. No presente estudo não foi possível identificar nenhum fator relacionado com o glyphosate que ocasionasse injúrias nas plantas de soja RR e que possibilitassem redução de produtividade, o que é coerente com a esperada seletividade deste herbicida em relação à soja RR.

Nas condições deste experimento, os possíveis prejuízos da aplicação de glyphosate em soja RR à absorção e acúmulo de Mn não se manifestaram. É possível que mesmo que o glyphosate possa interferir na absorção de Mn, esse efeito deletério não tenha se manifestado devido ao alto teor desse micronutriente nos solos onde foram implantados o experimento. Além disso, Santos et al. (2007) observaram efeito variável do glyphosate sobre o desenvolvimento da soja RR, em função da formulação com que o produto comercial é produzido. Neste estudo o Roundup Transorb®, formulado à base do sal de isopropilamina, causou maior efeito negativo sobre plantas de soja resistentes ao glyphosate, quando comparado com o Roundup Ready® (glyphosate utilizado nesta pesquisa) à base do mesmo sal e Zapp Qi®, à base do sal potássico.

Assim como considerações finais observou-se que a aplicação de glyphosate na dosagem recomendada em soja transgênica não teve efeito nos teores foliares de nutrientes, nem a produtividade de grãos foi influenciada pela aplicação de glyphosate ou pela aplicação foliar de Mn. Ainda, a aplicação foliar de Mn aumentou o teor deste micronutriente nas folhas, e diminuiu o teor de Fe.

## Agradecimentos

À CAPES, Fundect e CNPq pelo apoio financeiro.

## Referências

- BAILEY, W. A.; POSTON, D. H.; WILSON, H. P.; HINES, T. E. Glyphosate interactions with manganese. *Weed Technology*, Champaign, v. 16, n. 4, p. 792-799, 2002.
- BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; BATAGLIA, O. C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: Ferro e manganês. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/ FAPESP/POTAFOS, 2001. 600 p.
- BOTT, S.; FESFAMARIAM, T.; CANDAN, H.; CAKMAK, I.; ROMHELD, V.; NEUMANN, G. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). *Plant and Soil*, Dordrecht, 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*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.
- EKER, S.; OZTURK, L.; YAZICI, A.; ERENOGLU, B.; ROMHELD, V.; CAKMAK, I. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 54, n. 26, p. 10019-10025, 2006.
- FOLONI, L. L.; RODRIGUES, D.; FERREIRA, F.; MIRANDA, R.; ONO, E. O. Aplicação de glifosato em pós-emergência, em soja transgênica cultivada no cerrado. *Revista Brasileira de Herbicidas*, Passo Fundo, v. 4, n. 3, p. 47-58, 2005.
- HUBER, D. M. *Efeitos do glifosato em doenças de plantas*. Problemas de nutrição e de doenças de plantas na agricultura moderna: ameaças à sustentabilidade? Piracicaba: IPNI, 2007. CD-ROM.
- JAMES, C. *Global status of commercialized Biotech/ GM crops: 2007*. ISAAA Brief. n. 37. Ithaca, NY: ISAAA, 2007. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/37/executivesummary/pdf/Brief%2037%20-%20Executive%20Summary%20-%20Portuguese.pdf>> Acesso em: 25 de jan. 2009.
- LAVRES JUNIOR, J.; MORAES, M. F.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 1. p. 173-181, 2008.
- LOECKER, J. L. *Manganese response and nutrient uptake in conventional and glyphosate-resistant soybean*. A Thesis (Master of Science). Manhattan, Kansas: Kansas State University, 2008. 130 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

NOZAKI, M. H.; VENDRÚSCOLO, M. Características químicas e densidade global de um latossolo vermelho eutróferrico cultivado com plantas de cobertura em Toledo-PR. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, p. 1245-1252, 2010. Suplemento 1.

OZTURK, L.; YACIKI, A.; EKER S.; GOKMEN, O.; RÖMHELK, V.; ÇAKMAK, I. Glyphosate inhibition of ferric reductase activity in iron-deficient sunflower roots. *New Phytologist*, Cambridge, v. 117, n. 4, p. 899-906, 2008.

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; REIS, M. R.; SILVA, A. A.; FIALHO, C. M. T.; FREITAS, M. A. M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007.