

APLICAÇÃO COMPLEMENTAR DE MANGANÊS EM SOJA TRANSGÊNICA

Murilo Vilela Potrich ¹

Debora Curado Jardim ²

RESUMO

Com o crescente advento do plantio da soja transgênica (Roundup Ready®), passou-se a observar um amarelecimento das folhas da soja transgênica após as aplicações de glifosato. Esse sintoma pode estar relacionado a uma deficiência induzida de manganês ocasionada pela aplicação do herbicida. Dessa maneira, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar de manganês em diferentes estádios fenológicos sobre as características morfológicas e produtivas da soja transgênica. O experimento foi desenvolvido no município de Feliz Natal/MT na safra 2017/2018. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo eles: T1 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V3, isoladamente antes da aplicação de glifosato; T2 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V4 junto com glifosato; T3 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V5 após aplicação de glifosato; e T4 - testemunha sem aplicação de Mn via foliar. As avaliações foram realizadas no final do ciclo da cultura (R4 e R8) sendo avaliadas: altura de plantas (cm), número de vagens por planta, número grãos por planta, peso de 1000 grãos (g) e produtividade (kg/ha⁻¹). A aplicação complementar de Mn na soja transgênica não apresentou efeito significativo nas características morfológicas das plantas (altura, número de vagens e grãos por planta). Já a produtividade e o peso de 1000 grãos tiveram influência com a aplicação complementar de Mn, sendo esse efeito independente da época de aplicação.

Palavras-chave: glyphosate, adubação foliar, *Glycine max*.

COMPLEMENTARY APPLICATION OF MANGANESE IN TRANSGENIC SOYBEANS

SUMMARY

With the most advent of planting transgenic soybeans (Roundup Ready®), there was a yellowing of the leaves of transgenic soybeans after application of glyphosate. This symptom may be related to an induced deficiency of manganese caused by application of the herbicide. In this way, the objective was to evaluate the effect of the foliar application of manganese in different phenological stages on the morphological and productive characteristics of the transgenic soybean. The experiment was developed in the Feliz Natal / MT in the 2017/2018 harvest. The experimental design was a completely randomised design with four treatments and five replications, being: T1 - application of the Mn via foliar in the phenological stage V3, alone before the application of glyphosate; T2 - application of Mn via foliar at phenological stage V4 together with glyphosate; T3 - application of Mn via foliar at phenological stage V5 after application of glyphosate; and T4 - control without application of Mn via foliar. Evaluations were performed at the end of the culture cycle (R4 and R8). The complementary application of Mn in transgenic soybean did not present significant effect on the morphological characteristics of the plants (height, number of pods and grains per plant). The productivity and the weight of

¹ Discente do curso de Agronomia do Univag Centro Universitário. Email: murilovpotrich@gmail.com

² Docente do curso de Agronomia do Univag Centro Universitário. Email: debora_jar@hotmail.com

1000 grains had influence with the complementary application of Mn, being this effect independent of the time of application.

Key words: glyphosate, leaf fertilization, *Glycine max*.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com área de aproximadamente 33,89 milhões de hectares e uma produção de 95,63 milhões de toneladas, sendo o estado de Mato Grosso responsável por 30,514 milhões de toneladas (CONAB, 2017). Pode-se afirmar que a demanda por produtos derivados da cultura da soja como, por exemplo, usos industriais não tradicionais como biodiesel, tintas, vernizes, entre outros, continuará aumentando, assim como o aumento populacional e, conseqüentemente, a produtividade da cultura deve aumentar para atender essa demanda (BATISTA, 2012).

Sendo assim, o cultivo da soja tem apresentado intensa atividade de pesquisa com o propósito de obter informações que possibilitem aumentos na produtividade e redução nos custos de produção. Por consequência disto, os constantes avanços na biotecnologia possibilitaram a criação de variedades de soja transgênica resistente ao glifosato – Roundup Ready® (soja RR). Tal tecnologia proporcionou o uso do herbicida em pós-emergência na cultura, com eficácia e amplo espectro de controle de plantas daninhas (YAMADA; CASTRO, 2007).

A soja transgênica começou a ser cultivada para comercialização na China em 1990. Já no Brasil surgiu em 1995, ano em que o governo permitiu o cultivo apenas em modo experimental, sendo sua produção efetiva em larga escala apenas em 2005. A inserção da transgenia possibilitou aos agricultores o controle de plantas daninhas sem que houvesse prejuízo para a cultura, consequência disso, foi o aumento da soja transgênica nas áreas de produção (AZEVEDO et al., 2002).

Apesar do positivismo que circundou a nova tecnologia desenvolvida, segundo as observações feitas por alguns pesquisadores (REDDY; ZABLATOWING, 2003; GORDON, 2007), tal transgenia ocasiona diversos efeitos fisiológicos, sendo a produtividade da soja geneticamente modificada inferior àquelas de variedades convencionais.

O manganês (Mn) é absorvido como Mn^{+2} e transportado pelo xilema até a parte aérea. O acúmulo ocorre, particularmente, nas células periféricas da folha e do pecíolo (MARENCO; LOPES, 2007). Age como ativador de 35 diferentes enzimas, comandando desde a biossíntese de aminoácidos aromáticos até a formação de produtos secundários (HEENAN; CAMPBELL, 1980). A deficiência de Mn diminui a alongação celular podendo reduzir o crescimento radical,

indicando inibição do metabolismo de lipídio ou de ácido giberélico. Os sintomas de deficiência na planta são a clorose internerval acentuada, e faixas verdes entre as nervuras secundárias assemelhando-se à uma “espinha de peixe” (VIEGÁS et al., 1992).

Segundo Huber (2007), a aplicação de glifosato em soja transgênica resulta no decréscimo da população de organismos redutores do elemento na forma disponível para a planta e aumenta o número de oxidantes, favorecendo a transformação do Mn^{+2} (forma ativa, absorvível) para Mn^{+4} (forma inativa, não absorvível) causando à deficiência de Mn na soja transgênica. A esse respeito Zobiolo (2011), relatou que o gene adicionado na soja transgênica tem afetado também a fixação simbiótica de nitrogênio.

Logo, a soja tolerante ao glifosato pode sofrer injúrias ocasionadas pelo próprio herbicida. Alguns autores (REDDY, ZABLATOWING, 2003; ZOBIOLE, 2011; GORDON, 2007) alegam que o herbicida glifosato pode ocasionar certas interferências fisiológicas na planta, retardando a absorção, transporte e armazenamento de Mn, exigindo a adição complementar via foliar de manganês na soja. No entanto, segundo Correia e Durigan (2007) e Correia et al. (2008), a aplicação de Mn não resulta em um efeito significativo sobre a produtividade da soja transgênica na qual o glifosato é aplicado.

Assim, o resultado promovido pelo uso do glifosato na soja transgênica ainda carece de informações precisas referentes aos seus efeitos sobre os componentes fisiológicos e produtivos da cultura. Desse modo, o somatório desses efeitos exigiria a adição complementar de Mn, no período adequado, para evitar a deficiência e resultar em produtividades maiores de soja (CORREIA, 2007).

Com base na hipótese que a soja transgênica necessita da adição complementar de Mn, devido as alterações fisiológicas decorrentes da aplicação de glifosato, objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito da aplicação foliar de manganês em diferentes estádios fenológicos sobre as características morfológicas e produtivas da soja transgênica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Feliz Natal- MT, latitude 12°44'15,5', longitude 55°06'43,4', com altitude de 387 metros, no período outubro de 2017 a fevereiro de 2018.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições, constituindo 20 parcelas com 1,72 ha cada uma com 72 metros de largura e 240 metros de comprimento, totalizando uma área útil de 1,03 ha. Os tratamentos foram: T1 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V3, isoladamente antes da

aplicação de glifosato; T2 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V4 na mesma calda com glifosato; T3 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V5 após aplicação de glifosato; e T4 - testemunha sem aplicação de Mn via foliar.

Antes da semeadura da cultura foi realizada a aplicação de glifosato para eliminar os restos culturais de ciclos antecedentes. No ano de 2016 realizou-se a análise de solo (Tabela 1) na qual, pode-se verificar a desnecessidade da realização de calagem. No entanto, foi realizado a adubação de manutenção aplicando-se a lanço 600 kg/ha do formulado 0-18-18.

Tabela 1. Análise de solo referente à área experimental.

Prof.	pH	pH	Ca	Mg	Al	H + Al	K	P	Mn	Areia	Silte	Argila	V	m
cm	H ₂ O	CaCl ₂		cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³			g kg ⁻¹			%	
0-20	5,8	5,2	3,47	1,27	0,0	4,38	52	3,5	9,4	346	120	534	52,6	0,0

A variedade da soja semeada foi a Desafio, com uma população de 400 mil plantas por hectare em outubro de 2017, com espaçamento entre linhas de 50 centímetros.

A aplicação do produto a base de Mn utilizado foi o Profol produtividade® com 14% de manganês, oriundo da matéria prima, sulfato de Mn. Com uma dosagem de dois quilogramas por hectare.

As avaliações das características morfológicas das plantas foram realizadas em R4 (início de enchimento de grãos) sendo avaliadas: altura das plantas (cm), número de vagens e grãos por planta. Já o peso de 1000 grãos (g) e a produtividade (kg/ha) foram avaliados em R8 (maturação fisiológica). Para a medição de altura da planta utilizou-se uma fita métrica, medindo-se 10 plantas por parcela, tomando-se como medida o nível do solo até a inserção da última folha. Nessas mesmas plantas foram realizadas a contagem do número de vagens e grãos por planta.

O peso de mil grãos e a produtividade foram avaliados após a debulha, sendo esta mecanizada. Ademais, foram retiradas amostragens na pesagem das cargas, por um calador duplo e submetidas a teste de impureza e umidade utilizando-se para tanto, uma balança de precisão. Em seguida, realizou-se a determinação da umidade pelo método indireto, utilizando-se o equipamento G800 e, posteriormente, corrigidos para 13% de umidade.

Por fim, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo da aplicação complementar de Mn na soja transgênica para as variáveis altura de plantas, número de vagens e grãos por planta (Tabela 2).

Tabela 2. Altura de plantas, número de grãos e vagens por planta da soja transgênica em função da aplicação complementar de Mn.

Tratamentos	Altura de plantas (cm)	Número de Grãos/planta	Número de Vagens/planta
T1	86.24 a	98.28 a	36.80 a
T2	86.42 a	109.04 a	40.88 a
T3	89.84 a	110.92 a	41.80 a
T4	86.40 a	105.36 a	40.22 a
CV (%)	6,40	13,75	14,21

T1 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V3, antes da aplicação de glifosato; T2 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V4 junto com glifosato, T3 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V5 após aplicação de glifosato e testemunha sem aplicação de Mn via foliar; T4 - sem aplicação de Mn.

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Foi observado durante o crescimento, desenvolvimento e maturação da cultura, sintomas visuais de deficiência de Mn na soja transgênica principalmente após o terceiro dia da aplicação de glifosato. Sintomas esses, como a clorose internerval acentuada, e faixas verdes entre as nervuras secundárias com características a uma clorose severa nas folhas jovens pronunciada nas pontas das brotações e partes em expansão das folhas. No entanto, isso não proporcionou redução na altura de plantas, no número de vagens e grãos por planta e o sintoma foi sanado em poucos dias após a aplicação de Mn o que não ocorria com tanta rapidez na testemunha.

Resultados semelhantes foram observados por Santos et al. (2007), em que também verificaram visualmente tais sintomas após aplicação de glifosato em pós-emergente na cultura de soja transgênica. Além disso, a altura de plantas e produtividade, não foram afetadas em decorrência aos problemas de deficiência em comparação a sua testemunha.

Correia e Durigan (2007), avaliando diferentes herbicidas a base de glifosato em um experimento em condições de campo em Jaboticabal- SP, verificaram a inexistência de influência na altura das plantas após a aplicação do herbicida, fato este que corroborou com os dados obtidos no presente estudo.

Tais resultados se contrapõem com o trabalho realizado por Filho et al. (2010), no município de Dourados- MS, em que se realizou a aplicação de diferente doses comerciais de glifosato na estrutura da planta (zero a 1800 g. ha⁻¹) de duas variedades distintas (Convencional e transgênica). Verificaram que, em subdoses do herbicida não houve interferência na produtividade. No entanto, doses acima de 15 g. ha⁻¹ causaram deficiência de Mn na cultura e redução na produtividade da soja convencional. Já na transgênica, a maior dosagem comercial de 1800 g. ha ocorreu o decréscimo na altura, número de vagens e produtividade.

O peso de mil grãos e a produtividade da soja transgênica foram superiores com a aplicação complementar de Mn via foliar, independente do estágio fenológico avaliado (Tabela 3).

Tabela 3. Peso de mil grãos e produtividade da soja transgênica em função da aplicação complementar de manganês.

Tratamentos	Peso de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1	180.38 a	3.740,88 a
T2	170.18 a	3.482,04 a
T3	176.61 a	3.721,44 a
T4	156.27 b	2.925,36 b
CV (%)	6,63	10,8

T1 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V3, antes da aplicação de glifosato; T2 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V4 junto com glifosato, T3 - aplicação do Mn via foliar no estágio fenológico V5 após aplicação de glifosato e testemunha sem aplicação de Mn via foliar; T4 - sem aplicação de Mn.

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si Scott Knott a 5% de probabilidade.

Tal resultado comprova que a adição complementar de Mn é necessária, visto que, o glifosato ocasiona um efeito antagonista com o Mn (HUBER, D. M., 2007). Sendo assim, durante o efeito de deficiência ocasionado pelo herbicida é necessário que se faça a aplicação complementar de Mn, para que a planta se mantenha nutricionalmente equilibrada e, conseqüentemente, não sofra alterações nos parâmetros produtivos.

Resultado semelhante foi encontrado por Gordon (2007), avaliando o efeito da aplicação de Mn na linha de semeadura nas dosagens de 0 a 8,4 kg ha⁻¹ na soja transgênica, onde verificou uma resposta favorável com a aplicação até a dose de 5,6 kg ha⁻¹ de Mn. O referido autor, avaliou também a aplicação de Mn na dose de 0,34 kg ha⁻¹ via foliar, em diferentes estádios (v4,v8 e r2) e verificou que o melhor tratamento seria o parcelamento das

aplicações em três vezes obtendo assim um incremento de 470 kg ha⁻¹ em comparação a sua testemunha sem a referida aplicação. Assim, nota-se que os materiais resistentes ao glifosato respondem a aplicação de Mn e não produzem mesma quantidade que a variedade convencional.

Mann et al. (2001), avaliando quatro dosagens de Mn (150, 300, 450 e 600 g. ha⁻¹) via foliar em três épocas de aplicação (V4, V8 e V10) em duas cultivares de soja (convencional e transgênica), constataram que a aplicação de Mn independente da época, dosagem e variedade proporcionaram aumentos significativos na produtividade. No entanto, a dose de 300 g. ha⁻¹ de Mn parcelada em V4 e V8 proporcionaram maior produtividade, com um ganho de 1431 kg ha⁻¹ em relação a testemunha.

Sendo assim, as aplicações frequentes de glifosato podem direta ou indiretamente induzir deficiências de Mn em plantas resistentes ao glifosato. A natureza deste antagonismo entre micronutrientes e glifosato não é conhecida. Possivelmente, está relacionado à formação de complexos insolúveis de glifosato com micronutrientes catiônicos. Após a absorção do glifosato na planta, a absorção e o transporte de micronutrientes podem ser limitados (STEFANELLO et al, 2011).

Em relação a rentabilidade da aplicação do produto (R\$ 78,89 por kg de Profol produtividade®), com uma recomendação de 2 kg ha⁻¹, o mesmo proporcionará um incremento de 557 kg ha⁻¹ (9,3 sacas ha⁻¹). Contudo, com o valor de R\$: 60,00 a saca de soja, o produtor terá um retorno financeiro de R\$ 445,00 ha⁻¹. Dessa maneira, para se evitar mais uma entrada de implementos na área, recomendaria a aplicação do produto em V4, junto com a aplicação de glifosato ou em V5 junto a aplicação de químicos (inseticidas e fungicidas) evitando assim, gastos com mecanização e pisoteio desnecessário na área.

CONCLUSÃO

A aplicação de Mn complementar via foliar não proporcionou incrementos nas características morfológicas da soja transgênica, já para o peso de mil grãos e produtividade da soja transgênica independente do estágio fenológico aplicado teve efeitos significativos.

Recomenda-se a aplicação de Mn complementar via foliar no estágio V4 ou V5 mesmo sendo significativos em todos os estágios avaliados devido a maximização da mecanização em que realizará a aplicação juntamente com a aplicação de outros produtos químicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, J. L. et al. Transgênicos e evolução dirigida. História, Ciências, Saúde - Manguinhos. Química Nova, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

BATISTA, L. R. J. Fatores que influenciaram a ascensão da soja no Brasil. Instituto de Ensino Superior Cenecista, Bento Gonçalves, 2012. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAfqV8AH/fatores-que-influenciaram-a-ascensao-soja-no-brasil>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

COMPANINHA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_05_15_11_11_25_2.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.

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.

FILHO, A.L.M. et al. Efeito de glyphosate sobre características produtivas em cultivares de soja transgênica e convencional. *Bioscience Journal* v.26, p. 322-333, 2010.

GORDON, B. Adubação com manganês em soja convencional e soja resistente ao glifosato. *Informações Agronômicas*, n.177, p.6-7, 2007.

HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. Soybean nitrate reductase activity influenced by manganese nutrition. *Plant Cell Physiology*, v.21, p.731-736, 1980.

HUBER, D. M. Efeitos do glifosato em doenças de plantas: problemas de nutrição e de doenças de plantas na agricultura moderna: ameaças à sustentabilidade? 2007. Piracicaba: IPNI, 2007. CD ROM.

KRAUSZ, R.E.; YOUNG, B.G. Response of glyphosate resistant soybean (*Glycine max*) to trimethylsulfonium and isopropylamine salts of glyphosate. *Weed Technology*, v.15, p.745-749, 2001.

LYDON, J.; DUKE, S.O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. *Pesticide Science*, v.25, p.361- 373, 1989.

MOREIRA, S.G. et al. Formas químicas, disponibilidade de manganês e produtividade de soja em solos sob semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, p.121-136, 2006.

PADGETTE, S.R. et al. Development, Identification, and Characterization of a Glyphosate-Tolerant Soybean Line. *Crop Science*, v.35, p.1451-1461, 1995.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. Campinas: instituto Agrônomo, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

REDDY, K.N. et al. Effect of glyphosate on growth, chlorophyll, and nodulation in glyphosate-resistant and susceptible soybean (*Glycine max*) varieties. *Journal New Seeds*, v.2, p.37-52, 2000.

REDDY, N.K.; ZABLOTOWICZ, R.M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. *Weed Science*, v.51, n.4, p.496-502, 2003.

TEDESCO, M.J. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

YAMADA, T.; CASTRO, P.R.C. Efeito do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. Encarte técnico. *Informações Agronômicas*, n.119, 32p, 2007.

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.

HUBER, D. M. Efeitos do glifosato em doenças de plantas: problemas de nutrição e de doenças de plantas na agricultura moderna: ameaças à sustentabilidade? 2007. Piracicaba: IPNI, 2007.

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, p. 469, 2007.

REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. *Weed Science*, Lawrence, v. 51, p. 496-502, 2003.

SANTOS, J. B. et al. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. *Planta Daninha*, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007.

STEFANELLO, F. F. et al. O. J. Efeito de glyphosate e manganês na nutrição e produtividade da soja transgênica. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 32, n. 3, p. 1007-1014, 2011.

VIEGAS, I.de J.M.; et al. Carência de macronutriente e de boro em plantas de juta (*Chochorus capsularis* L.) variedade roxa. Belém: EMBRAPA – CPATU, 1963.

YAMADA, T.; CASTRO, P.R.C. Efeito do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. Encarte técnico. *Informações Agronômicas*, n.119, p. 32, 2007.

ZOBIOLE, L. H. S. Glyphosate afeta parâmetros fisiológicos e nutricionais na soja RR e RR2. 2011. 151 f. Dissertação de Doutorado (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.