

**EFEITO DO GLIFOSATO E MANGANÊS (Mn) NA CULTURA DA SOJA
[GLYCINE MAX L. MERRILL]: NUTRIÇÃO DE PLANTA E
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS¹**

PEROZIN, Alexandre Caetano²
LAZARINI, Edson³
ARAÚJO, Charles²
MARTINOTTO, Cristiano²
ALMEIDA JÚNIOR, Joaquim Júlio⁴
MIRANDA, Beatriz Campos⁴

Recebido em: 2017.06.14

Aprovado em: 2018.09.05

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.2808

RESUMO: O glifosato sal de isopropilamina de N - (fosfonometil) glicina é um dos herbicidas mais utilizados em sistemas de cultivo de produtos agrícolas geneticamente modificados, especialmente para a cultura da soja. Visando estudar os efeitos da aplicação de glifosato e manganês (Mn) em diferentes estádios de desenvolvimento sobre a nutrição das plantas de soja, características agronômicas, desenvolveu-se o experimento na Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP-Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS. O experimento foi instalado em 07/11/2012, utilizando-se a variedade de soja BRS Valiosa RR. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em arranjo factorial 3x3. O produto utilizado para fornecer Mn contém como matéria prima sulfato de Mn quelatizado com EDTA. A fonte do N - (fosfonometil) glicina foi o Roundup Original com concentração de sal de Isopropilamina de glifosato 480 g L⁻¹ (360 g L⁻¹ equivalente ácido). O tratamento: experimento com aplicação de glifosato nas doses de 0 ou 1440 g i.a. ha⁻¹ (equivalente ácido), parceladamente nos estádios V3 e V7 ou em dose única no estádio V7, na ausência ou presença de 350 g ha⁻¹ Mn, aplicado em dose única no estádio V5 ou parceladamente, com aplicações em V5 e V9. As pulverizações foliares dos tratamentos foram realizadas com pulverizador de barra de 5 m de comprimento, provida com bicos leque 110-02, espaçados de 50 cm, acoplado ao trator, e calibrado para volume de aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda. Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que: Não houve alterações significativas no teor nutricional, apenas para o número de vagens por planta apresentou diferença significativa.

Palavras-chave: Glycine max (L.) Merril. Adubação foliar. Micronutriente.

**EFFECT OF GLYPHOSATE AND MANGANESE IN CULTURE OF SOY
[GLYCINE MAX L. MERRILL]: PHYSIOLOGY PLANT
NUTRITION, AGRONOMIC FEATURES**

SUMMARY: Glyphosate (N-[phosphonomethyl] glycine) is one of the most used herbicides in the systems of genetically modified agricultural product cultivation. Studying the effects of glyphosate and manganese (Mn) application in different development stages on the nutrition of soybean plants and agronomic features, it was developed the experiment the Teaching and Research Farm, UNESP-Ilha Solteira, located in Selvíria-MS. The experiment was conducted on 11/07/2012, using soybean BRS Valiosa RR. The used experimental design was randomized block design with 4 replications, factorial arrangement 3x3. The product used to provide Mn as raw material contains Mn sulfate chelated with EDTA. The source of N-(phosphonomethyl) glycine was Roundup Original with concentration of isopropylamine salt of glyphosate 480 g L⁻¹ (360 g L⁻¹ acid equivalent). The treatment: experiment with glyphosate application at doses of 0 or 1440 g i.a. ha⁻¹ (acid equivalent) in installments V3 and V7 stages or in single dose V7 stage in the absence or presence of 350 g i.a. ha⁻¹ Mn applied in a single dose at V5 or in installments, with applications in V5 and V9. The treatment foliar spray was always performed, with a 12 m long bar provided with 5 cone nozzles 110-02, with spacing of 50 cm coupled to the tractor, calibrated for volume

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

² IFMT Campus São Vicente - CRCV alexandre.perozini@svc.ifmt.edu.br./charles.araujo@svc.ifmt.edu.br/cristiano.martinotto@svc.ifmt.edu.br - Rua Izidoro Luiz Gentilin, 585 - Loteamento Belvedere - Caixa Postal: 252 CEP 78840-000 - Celular (65) 9929-7125 - Campo Verde - MT

³ UNESP, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia. CEP: 15.385-000. Fone: (18) 3743-1250 / 3743-1144 (DFTASE)

⁴ UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros. Departamento de Engenharia Rural e Fitotecnia

200 L ha⁻¹. Based on these results it can be concluded that: There were no significant alterations in nutritional contents, only for number of pods per plant presented a significant difference.

Keywords: Glycine max (L.) Merrill. Foliar fertilization. Micronutrient.

INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2017), o sexto levantamento realizado pela Conab aponta para a safra brasileira na temporada atual, o desempenho da soja nas diversas regiões produtoras do país para uma expectativa de produção na temporada 2016/17 de 107.614,6 milhões de toneladas, representando incremento de 12,8% em relação ao total produzido.

O grão de soja é a principal fonte de proteína vegetal, essencial componente de produção na alimentação animal, além da crescente utilização na alimentação humana (IGNÁCIO et al., 2015). Entretanto, para obtenção de elevadas produtividades, observa-se a necessidade da utilização de novas tecnologias, como a transgenia, porém, sua utilização errônea pode provocar impactos ainda pouco divulgados (GONÇALVES et al., 2014).

O glifosato é um herbicida não seletivo, de amplo espectro, aplicado em pós-emergência, que controla a maioria das espécies infestantes. Esse herbicida inibe a síntese de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina e triptofano) em plantas e microrganismos que possuem o ciclo do ácido chiquímico atuando na enzima precursora EPSPs (5 enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase), evitando a transformação do chiquimato em corismato (SHANER, 2003). No caso da soja resistente ao glifosato, a tolerância ao herbicida foi obtida pela inserção de um gene (AroA) oriundo do genoma da *Agrobacterium* sp., estirpe CP4, o qual codifica uma variante da EPSPs (CP4 EPSPS), especialmente tolerante à inibição pelo glifosato (PADGETTE et al., 1995). Sob tratamento com esse herbicida, as plantas de soja não são afetadas, em virtude da ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa, insensível ao produto.

Recentemente muitas pesquisas mostram os efeitos do glifosato em suas diferentes formulações sobre a fisiologia da soja RR. Trabalhos como o de Zobiolo et al. (2010) revelam significativa diminuição nos parâmetros fotossintéticos (clorofila, taxa fotossintética, transpiração e condutância estomática) e diminuição no teor de níquel com o uso de glifosato (aplicado de forma único ou sequencial). Santos et al., (2007) mostraram relatos de agricultores sobre o possível efeito do glifosato afetando negativamente o desenvolvimento inicial de plantas de soja, para a qual esse produto é recomendado. O típico sintoma observado em lavouras de soja RR após a aplicação do glifosato é o amarelecimento das folhas novas, onde algumas cultivares apresentam sintomas mais evidentes do que outras. Esse efeito pode estar relacionado ao aumento demasiado da dose aplicada, à aplicação de outras formulações de glifosato não recomendadas para a cultura, ou ao efeito de outras substâncias químicas naturais ou sintéticas, como aleloquímicos ou surfactantes, respectivamente. Atualmente são disponibilizadas no mercado diversas formulações de glifosato, que, apesar de apresentarem o mesmo mecanismo de ação, possuem, na composição, diferentes sais, sendo os principais: sal potássico, de isopropilamina e de amônio.

O uso do glifosato interfere na absorção e translocação de Ca, Mg, Fe e Mn. A frequência de aplicações de glifosato pode levar a indução de deficiências de Fe, Zn e Mn (SANTOS et al., 2007).

Pesquisas desenvolvidas observaram também que o N, Ca, Fe e o Cu tiveram redução em seu teor na planta de soja RR, quando as mesmas foram tratadas com glifosato, sendo essas amostragens foliares realizadas no período de florescimento (GORDON, 2006). No entanto, nem todos os nutrientes tiveram essa resposta, sendo que o Mg apresentou elevação em seu teor foliar mediante a aplicação de glifosato. Muitos nutrientes, como N, Ca, Mg, Fe, Mn e Cu, podem ter seus níveis alterados sob a aplicação de glifosato (SANTOS et al., 2007).

O Mn é essencial na síntese de clorofila e sua função principal está relacionada a ativação de enzimas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Deve-se ressaltar que o Mn desempenha um papel importante nos processos redox, tais como no transporte de elétrons na fotossíntese e na desintoxicação de radicais livres de oxigênio (RAYCHAUDHURI, 2000). Poucas enzimas contêm Mn na sua estrutura, dentre elas tem-se a superóxido dismutase (Mn-SOD), que atua na neutralização de superóxidos, protegendo membranas e proteínas contra a oxidação. Além da função do Mn na fotossíntese, este micronutriente atua também no processo de absorção iônica, respiração, controle hormonal, metabolismo do nitrogênio e síntese de proteínas (MALAVOLTA, 2006). Este é um dos nutrientes que apresentam as maiores variações em termos de teor nas plantas (MUKHOPADHYAY; SHARMA, 1991).

Em condição de carência de Mn ocorre clorose entre as nervuras das folhas mais novas, as quais se tornam verde-pálido e passam para amarelo-pálido. Áreas necróticas marrons desenvolvem-se nas folhas à medida que a deficiência torna-se mais severa. Neste caso indica-se a aplicação de 350 g ha⁻¹ de Mn diluídos em 200 L de água com 0,5% de uréia. Para o Co e Mo sugere-se a aplicação via foliar de 12 a 30 g ha⁻¹ de Mo e 2 a 3 g ha⁻¹ de Co, entre os estádios V₃ e V₅. (EMBRAPA, 2006b). Deve-se dar preferência para o fornecimento via foliar, uma vez que no tratamento de semente a aplicação de Co e Mo poderá reduzir a sobrevivência do *Bradyrhizobium* e, conseqüentemente, a nodulação e a fixação biológica do nitrogênio (STAUT, 2011).

Neste sentido, a análise da variação de parâmetros agronômicos com a disponibilidade de nutrientes pode proporcionar o melhor diagnóstico dos fatores relacionados aos efeitos do glifosato em soja resistente a este herbicida. Assim o objetivo foi estudar os efeitos da aplicação de doses de glifosato e Mn em diferentes estádios fenológicos da soja, no desenvolvimento das plantas, nutrição mineral e características agronômicas.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi desenvolvido no ano agrícola de 2012/13 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia - UNESP, localizada no município de Selvíria-MS, cujas coordenadas geográficas aproximadas são 51°22' de Longitude Oeste e 20°22' Sul, e altitude de 335 m. Na Tabela 1 encontra-se os valores médios diários de temperatura máxima e mínima média do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm), nos meses de novembro e dezembro de 2012, período entre a instalação do experimento e aplicações dos tratamentos, dados registrados no posto meteorológico da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão.

Tabela 1 - Valores diários de temperatura máxima e mínima média do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm), nos meses de novembro e dezembro de 2012, registrados no posto meteorológico da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão. Selvíria - MS, 2012/13.

Dias	Temperatura do ar (°C)				Umidade Relativa (%)		Precipitação (mm)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Média		Total	
	Novembro		Dezembro		Novembro	Dezembro	Novembro	Dezembro
01	36,3	21,9	32,3	23,0	61,1	79,4	0,0	0,0
02	33,3	21,8	33,4	22,9	55,0	80,2	0,0	0,0
03	33,1	23,8	34,8	23,5	53,1	74,6	0,0	0,0
04	34,6	22,4	35,9	25,1	53,0	71,1	0,0	0,0
05	35,4	24,0	35,9	24,6	59,4	71,5	0,0	0,0
06	35,9	23,2	36,5	25,5	48,7	65,1	0,0	0,0
07	35,6	23,0	38,5	24,8	41,3	72,8	0,0	7,6
08	28,4	21,0	39,3	24,6	39,8	64,3	0,0	0,0
09	32,0	21,0	39,3	24,2	40,3	62,0	0,0	0,0
10	32,1	21,7	38,5	23,4	42,0	72,0	0,0	2,5
11	34,5	23,8	34,6	23,8	41,0	76,9	0,0	0,0
12	35,2	24,8	36,8	23,3	59,9	80,8	0,0	0,3
13	35,2	22,5	35,7	24,5	55,5	71,1	0,0	0,0
14	30,7	19,7	32,5	24,2	57,5	77,5	0,0	0,0
15	32,4	20,9	32,1	23,9	56,6	88,7	0,0	1,8
16	34,2	21,8	29,8	22,0	49,4	89,7	0,0	6,1
17	33,9	21,2	29,5	20,1	52,1	91,0	0,0	16,5
18	33,2	19,0	33,7	20,2	49,3	90,5	0,0	3,8
19	33,3	19,2	34,6	22,0	39,3	86,6	0,0	10,2
20	35,3	21,9	36,9	23,8	80,2	80,3	12,7	3,0
21	37,1	22,8	37,9	21,9	89,3	73,0	4,3	0,0
22	36,2	24,4	35,9	23,9	95,0	72,9	5,8	0,0
23	35,8	23,2	35,9	24,6	72,4	69,9	0,0	0,0
24	31,7	22,0	36,0	23,5	64,3	75,5	0,0	0,0
25	30,8	22,3	37,2	23,7	71,7	74,3	0,0	0,0
26	31,1	20,2	37,0	24,5	96,2	73,6	27,4	20,3
27	36,1	22,5	35,9	23,7	63,0	81,3	0,0	5,8
28	36,5	24,0	32,1	21,1	57,6	78,6	0,0	0,0
29	36,3	22,7	34,8	21,6	56,3	82,3	0,0	0,0
30	30,3	21,7	34,9	23,2	53,1	79,4	0,0	0,8
31	-----	-----	35,3	22,7	-----	89,4	-----	3,8
Totais							50,2	82,6

Fonte: Universidade Estadual Paulista - Unesp (2013).

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2013), com histórico de mais de 27 anos de ocupação por culturas anuais. Anteriormente à implantação do experimento, foi realizado a amostragem de solo na área experimental, na camada de 0 - 0,2 m para a caracterização química do solo quanto aos valores de pH, e teores de M.O. (P, K, Ca, Mg, S), H+Al (B, Cu, Fe, Mn e Zn). Análise de solo: P = 26 mg/dm⁻³; MO = 23 g/dm⁻³; pH (CaCl₂) = 5; K = 2,6; Ca = 21; Mg = 13; H+Al = 34 mmolc/dm⁻³ respectivamente; Al = 1; S-SO⁴ = 4; B = 0,25; Cu = 0,7; Fe = 20; Mn = 49; Zn = 0,9 mg/dm³ respectivamente; SB = 36,6; CTC = 70,6; V % = 52.

Na primeira quinzena de novembro de 2012, as plantas existentes na área experimental foram dessecadas com o uso do sal isopropilamina de N-(phosphonomethyl) glicine na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹ (equivalente ácido) (4,0 L ha⁻¹ de glifosato) e então, sete dias após foi realizada a semeadura direta da soja

(07/11/2012), utilizando-se a semeadora adubadora adequada para esta operação, em seguida fez-se a locação das parcelas experimentais.

No tratamento das sementes foi utilizado o produto a base de carboxim+thiram, na dose de 50 + 50 g i.a. por 100 kg de sementes, respectivamente. Nas sementes, ainda foi aplicado inoculante turfoso, objetivando-se atingir o mínimo de 600.000 células de *Bradyrhizobium* por semente, conforme recomendação Embrapa (2006a). O espaçamento adotado foi de 0,45 metros entre linhas, com densidade de semeadura recomendada para a variedade, considerando um solo de média a alta fertilidade. A variedade de soja utilizada foi a BRS Valiosa RR, considerada de ciclo médio (maturação entre 123 a 130 dias) para a região e caracterizada por possuir hábito de crescimento determinado. Utilizou-se 16,2 sementes por metro de sulco com densidade de semeadura de 250 kg ha⁻¹ de adubação básica da formulação 08-28-16, aplicado no sulco de semeadura em ocasião de semeadura.

O delineamento experimental utilizado foi realizado em esquema fatorial 3x3, sendo: três doses de aplicação de glifosato (sem aplicação de glifosato 0 g i.a. ha⁻¹, aplicação de glifosato 720+720 (V3+V7) g i.a. ha⁻¹ e aplicação de glifosato 1440 (V3) g i.a. ha⁻¹, e três doses de aplicação de Mn (sem aplicação de Mn 0 g ha⁻¹, aplicação de Mn 350 (V5) g ha⁻¹ e aplicação de Mn 175+175 (V5+V9) g ha⁻¹).com as parcelas experimentais constituídas de seis linhas com dez metros de comprimento. Como área útil, foi considerada as três linhas centrais, desprezando-se um metro em cada extremidade.

Na Tabela 2, encontra-se os tratamentos avaliados no experimento. As pulverizações foliares foram realizadas sempre com temperatura inferior a 30°C e umidade relativa do ar acima de 60 %, no período da manhã dos tratamentos, realizadas com pulverizador de barra de cinco metros de comprimento, provida com bicos leque 110-02, espaçados de cinquenta centímetros, acoplado ao trator, e calibrado para volume de aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda. As aplicações do glifosato foram realizadas em 30/11 a 15/12, respectivamente nos estádios V3 e V7.

Tabela 2 - Tratamentos avaliados no experimento. Selvíria - MS, 2012/13.

Tratamentos	glifosato (g i.a. ha ⁻¹) (equivalente ácido) e estádio da soja	Mn (g ha ⁻¹) e estádio da soja	Total glifosato (g i.a. ha ⁻¹) (equivalente ácido)	Total Mn (g ha ⁻¹)
1	0	0	0	0
2	0	350 (V5)	0	350
3	0	175+175	0	350
4	720+720 (V3+V7)	0	1440	0
5	720+720 (V3+V7)	350 (V5)	1440	350
6	720+720 (V3+V7)	175+175	1440	350
7	1440 (V3)	0	1440	0
8	1440 (V3)	350 (V5)	1440	350
9	1440 (V3)	175+175	1440	350

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

A fonte utilizada de glifosato foi o Roundup Original (nome comercial), cuja formulação corresponde a seguinte composição: Sal de Isopropilamina de N - (fosfometil) glicina 480 g L⁻¹ (48,0% m/v), equivalente ácido de N - (fosfometil) glicina (glifosato) 360 g L⁻¹ (36,0% m/v), ingredientes inertes de 684 g L⁻¹ (68,4% m/v). A aplicação de Mn no experimento ocorreu em 07 /12, no estádio V5. A

fonte utilizada apresentava as seguintes características: Produto líquido a base de sulfato de Mn quelatizado com EDTA, contendo 20% de Mn e densidade de 1,65 g.L⁻¹.

O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação em área total com os herbicidas à base de fenoxaprop-p-ethyl (77 g i.a. ha⁻¹) + óleo mineral parafínico (0,5% do volume da calda), aplicados no dia 23-11-2012 e lactofem (120 g i.a. ha⁻¹) + bentazona (600 g i.a. ha⁻¹), aplicados no dia 10-12-2012. O manejo de pragas foi realizado com a aplicação de três inseticidas: cipermetrina (50 g i.a. ha⁻¹) + metomil (107,5 g i.a. ha⁻¹), no dia 08/01, imidacloprid + beta-ciflutrina (156,25+7,03 g i.a. ha⁻¹, respectivamente) + metomil (107,5 g i.a. ha⁻¹), no dia 20-01-2013, e imidacloprid + beta-ciflutrina (156,25+7,03 g i.a. ha⁻¹, respectivamente) + metomil (107,5 g i.a. ha⁻¹), no dia 13-02-2013. O manejo de doenças foi realizado preventivamente com três aplicações de fungicidas: piraclostrobina + epoxiconazol (13,25+12,5 g i.a. ha⁻¹, respectivamente), nos dias 08/01, 28/01 e 13/02.

No estágio R2 (florescimento pleno) da cultura (06/01) foi coletado na área útil de cada parcela, trinta folhas totalmente desenvolvida, sendo esta a 3ª folha do ápice na haste principal, conforme metodologia descrita por Raij et al. (1996). No total, foi coletado de maneira aleatória trinta folhas em cada parcela, as quais foram levadas ao laboratório, lavadas com água corrente e detergente a 1% e posteriormente em água destilada e deionizada. O material foi acondicionado em sacos de papel e colocado para secar em estufa de circulação e renovação de ar forçado a 60-70 °C até massa constante. Após secagem, as folhas foram moídas, em moinho tipo Willey, para determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn, de acordo com a metodologia de Malavolta et al. (1997).

No estágio R8 (12/03), foi realizada a coleta de material para avaliação das características agrônômicas e produtividade de grãos. Para as avaliações foram coletadas uma amostra aleatória de dez plantas, seguidas em uma das três linhas centrais de cada parcela. Essas plantas, após a identificação, foram levadas ao laboratório para as avaliações de altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, números de vagens e número de grãos por planta.

Para estimar a produtividade de grãos, foi coletado, dentro da área útil da parcela, uma amostra com todas as plantas contidas em três linhas de três metros de comprimento. Estas plantas, após serem secas ao sol, foram trilhadas mecanicamente por uma trilhadora estacionária e os grãos obtidos foram abanadas para retirar as impurezas e acondicionados em sacos de papel. Com auxílio de uma balança, foi obtida a massa dos grãos de cada amostra, sendo os dados transformados em kg ha⁻¹. Logo após, foi retirado uma amostra de grãos de cada saquinho para determinação da umidade (método da estufa - 105 ± 3 °C/24 horas), para posterior correção da massa da produção obtida à 13% de umidade (base úmida).

Simultaneamente à avaliação de produtividade, foi realizada a determinação da massa de cem grãos. Para isso, em cada amostra foi contado à respectiva quantidade de grãos, pesados em uma balança de precisão (0,01g). O valor obtido também foi corrigido para 13% de umidade (base úmida).

Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Com relação aos resultados apresentados dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S, verifica-se que os teores dos nutrientes não variaram significativamente em função dos tratamentos utilizados (Tabela 3). O não efeito dos tratamentos também foi verificado para os teores foliares de Fe, Mn e Zn (Tabela 4). Os valores observados, segundo Embrapa (2013), foram considerados altos para os nutrientes N, P, S, Fe e Mn e suficientes para quanto aos teores de K, Ca, S e Zn.

Tabela 3 - Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg ⁻¹)					
Doses Glifosato						
0	53,3	4,1	19,0	7,2	3,5	3,5
720+720 (V3+V7)	54,5	4,1	19,7	7,3	3,5	3,3
1440 (V3)	55,2	4,2	19,1	7,1	3,5	3,3
Doses Mn						
0	54,1	4,1	19,2	7,3	3,5	3,3
175+175 (V5+V9)	54,4	4,2	19,4	7,1	3,4	3,4
350 (V5)	54,5	4,2	19,2	7,2	3,4	3,4
F calculado (Fc)						
Glifosato (G)	1,18 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,41 ^{ns}
Mn	0,04 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,37 ^{ns}
GxMn	0,71 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,72 ^{ns}	1,33 ^{ns}
Média	54,3	4,1	19,3	7,2	3,5	3,4
C.V.%	5,76	4,07	7,35	6,51	5,51	9,03

ns - não significativo.

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013

Tabela 4 - Teores foliares de Fe, Mn e Zn (mg kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	Fe	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)		
Doses Glifosato			
0	192,5	124,1	54,1
720+720 (V3+V7)	190,8	136,6	55,0
1440 (V7)	177,5	124,1	53,3
Doses Mn			
0	173,5	128,3	51,6
175+175 (V5+V9)	191,6	123,3	54,1
350 (V5)	195,8	133,3	56,6
F calculado (Fc)			
Glifosato (G)	0,74 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Mn	1,58 ^{ns}	0,67 ^{ns}	3,11 ^{ns}
GxMn	0,21 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,34 ^{ns}
Média	186,9	128,3	54,1
C.V.%	17,65	16,40	9,06

ns - não significativo.

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013

Semelhantemente em estudos realizados no campo não foram constatados efeitos do glifosato aplicado em pós-emergência da soja RR sobre o teor de Mn nos tecidos desta cultura (SANTOS et al., 2007). Em experimento em casa de vegetação, não detectaram diferença no teor de Mn nas folhas de soja tratadas ou não com glifosato na variedade BRS Valiosa RR (BOTT et al., 2008). Entretanto, quando esses autores desenvolveram o experimento com solução nutritiva verificaram que a aplicação de glifosato diminuiu o teor total de Mn nas folhas de soja em condições de suficiência de Mn, deste modo, os autores concluíram que a aplicação de glifosato pode ter efeitos secundários negativos sobre os teores de micronutrientes sob algumas condições mesmo em plantas transgênicas resistentes ao uso deste herbicida.

No desenvolvimento deste experimento, principalmente quando a aplicação de 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato no estágio V3, verificou-se fitotoxicidade nas plantas de soja, caracterizado por uma clorose, principalmente em folhas novas. No entanto, Foloni et al. (2005) verificaram efeito tóxico do glifosato na variedade M-SOY 8888-RR, o que não proporcionou prejuízos na produtividade de grãos da soja. Por meio da avaliação visual de sintomas de fitotoxicidade na variedade CD 219 RR (SANTOS et al., 2007), observaram em função da aplicação de glifosato sintomas de fitotoxidez variáveis em função das formulações do glifosato aplicados. A não alteração nos teores foliares de P, K, Zn e Mn em função da aplicação de glifosato em soja, também foi observada por Santos et al. (2007), no entanto estes autores verificaram tendência de diminuição dos teores de N, Fe e Cu.

Os maiores teores foliares de Mn foram observados quando a adubação foliar foi realizada em estágio V5 (350 g ha⁻¹) (133,3 mg kg⁻¹), e com aplicação de glifosato nas dosagens de (720+720 g i.a. ha⁻¹) nos estádios V3 e V7 (1440 g i.a. ha⁻¹). No entanto, não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, na comparação entre doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn (Tabela 4). Provavelmente o teor de Mn existente no solo (49,0 mg dm⁻³) da área experimental, considerado muito alto segundo Embrapa (2012), foi suficiente para ter um teor adequado na folha, em avaliação no florescimento pleno, mesmo em plantas submetidas a aplicação de glifosato.

O Mn tem importantes funções na planta, destacando-se a participação na fotossíntese (evolução do O₂ e fotólise da água), no metabolismo do nitrogênio (redução sequencial do nitrato) e também hormonais (auxinas), fenóis e ligninas (HEENAN; CAMPBELL, 1980). O acúmulo de Mn ocorre, particularmente, nas células periféricas da folha e do pecíolo (MARENCO; LOPES, 2005). Esse elemento é absorvido como Mn⁺² e é transportado pelo xilema até a parte aérea. O Mn 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 Mn, porém a alta disponibilidade de NH⁴⁺ no solo pode reduzir a absorção de Mn⁺²; assim, a toxidez de Mn é menos severa quando o nitrogênio é fornecido como NH⁴⁺ (MUKHOPADHYAY; SHARNA, 1991). Gordon (2007) relatou que o gene adicionado na soja transgênica pode ter alterado outros processos fisiológicos na planta e que o glifosato pode retardar a absorção e a translocação do Mn 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 Mn, no período adequado, para evitar a deficiência e resultar em produtividades maiores de soja.

As médias de altura de plantas, inserção da 1ª vagem, número de grãos por vagens, massa de 100 grãos e produtividade de grãos em função de épocas e doses de glifosato e/ou Mn aplicados na cultura da soja (Tabela 5). Verifica-se que apenas para o número de vagens por planta houve diferenças estatísticas significativas para os tratamentos com Mn.

As alturas de plantas e de inserção da primeira vagem são características relacionadas diretamente com a eficiência da colheita, ou seja, plantas devem apresentar altura média entre 60 e 80 cm e altura da inserção da 1ª vagem em torno de 12 a 15 cm (CARTTER; HARTIWING, 1962). Tendo em vista que esses aspectos, foram observados valores adequados ou próximos a ele, caracterizando uma lavoura adequada para colheita mecânica.

Com relação ao número de vagens por planta verifica-se que doses e épocas de aplicação de glifosato não proporcionou alterações significativas, no entanto, a aplicação de 350 g ha⁻¹ de Mn, de forma parcelada, proporcionou maior número de vagens por planta, quando comparado com o tratamento de 0 g ha⁻¹ de Mn (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores médios de altura de plantas, inserção da 1ª vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	Altura de Planta	Inserção 1ª vagem	Nº de vagens/planta	Nº de grãos/vagem	Massa de 100 grãos	Produtividade
	(cm)				(g)	(kg ha ⁻¹)
Doses Glifosato						
0	85,7	16,5	43,1	1,8	14,7	2908
720+720 (V3+V7)	78,8	15,6	42,4	1,8	14,9	2947
1440 (V3)	82,0	17,0	43,3	1,9	14,9	2846
Doses Mn						
0	77,5	16,8	37,7	1,9	15,1	2884
175+175 (V5+V9)	84,6	15,7	46,6	1,8	15,0	2844
350 (V5)	84,7	16,6	44,5	1,8	14,1	2972
F calculado (Fc)						
Glifosato (G)	1,73 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Mn	0,88 ^{ns}	1,49 ^{ns}	3,74*	0,07 ^{ns}	1,78 ^{ns}	0,24 ^{ns}
GxMn	0,95 ^{ns}	2,21 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,50 ^{ns}
Média	82,2	16,3	42,9	1,8	14,7	2900
C.V.%	11,04	10,18	19,52	14,68	9,46	15,72

* Significativo 5% de probabilidade. ns - não significativo.

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

Segundo Oliveira (2011), o número de vagens por planta também variou em função das variedades utilizadas, destacando-se as variedades BRS Valiosa RR e Vencedora com os maiores valores, diferindo estatisticamente da variedade Favorita com menores valores em estudo. Os valores observados por Marco (2009) para as variedades Favorita e BRS Valiosa RR quanto ao número de vagens por planta, foram de 45,8 e 51,2, respectivamente, valores estes semelhantes aos obtidos para BRS Valiosa RR (46,6) com aplicação de Mn, na dose de 350 g ha⁻¹ de Mn, de forma parcelada, o qual proporcionou maior número de vagens por planta (Tabela 5).

O número de grãos por vagem também não foi influenciado pelos tratamentos e caracteriza a variedade BRS Valiosa RR com aproximadamente dois grãos por vagem. A massa de 100 grãos permaneceu inalterada em função dos tratamentos e o valor médio obtido foi de 14,8g (Tabela 5). De acordo com Arantes et al. (2010), a variedade BRS Valiosa RR, quando cultivada em Minas Gerais, próximo ao Vale do Rio Grande, e com data de semeadura e população de plantas recomendadas, apresentou altura de plantas e massa de 100 grãos próximo de 71 cm e 15,2g, respectivamente, valores estes próximos aos obtidos no presente experimento.

A produtividade de grãos não foi significativa pelos tratamentos utilizados. Apesar de ter sido observado toxicidade nas plantas de soja com a aplicação do glifosato, isso não proporcionou menor desenvolvimento das plantas e produtividade de grãos (Tabela 5). Foloni et al. (2005) também não observaram alteração na produtividade de grãos de soja, variedade Soy 8888-RR com aplicação de glifosato em uma única vez ou em aplicação sequencial obteve 2910 kg ha⁻¹.

A média geral de produtividade de grãos foi próxima a média nacional e inferior a média obtida no Estado do Mato Grosso do Sul, ou seja, respectivamente 3176 e 3240 kg ha⁻¹ para ano agrícola de 2016/17 (CONAB, 2017). Verifica-se um comportamento normal das plantas que receberam a aplicação de glifosato, em função das produtividades obtidas, podendo isso ser o reflexo das condições ambientais presentes durante o desenvolvimento do experimento, teor muito alto de Mn no solo ou até mesmo não efeito negativo do glifosato. Santos et al. (2007) citaram que pode ocorrer efeito variável do glifosato sobre o desenvolvimento da soja resultante a este herbicida, em função da formulação utilizada.

CONCLUSÃO

A aplicação foliar de Mn e glifosato não influenciou os teores de nutrientes foliar da soja.

A produtividade de grãos de soja é reduzida com a aplicação de glifosato na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹, nos estádios V3, mas não diferem significativamente dos demais.

REFERÊNCIAS

ARANTES, N. E. ET AL. **Cultivares de soja** - Minas Gerais e Região Central do Brasil – Safra 2010/2011. Londrina: Embrapa/Soja, 2010. 47 p.

BOTT, S. et al. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Plant Soil**, Dordrecht, v. 312, n. 1-2, p. 185-194, 2008.

CARTTER, J. L.; HARTWING, E. E. The management of soybeans. In: NORMAN, A. G. (Ed.). **The Soybean**. New York: Academic, 1962.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Avaliação da safra agrícola 2016/2017**: sexto levantamento - março/2017. Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017b_x.pdf > Acesso em: 03 mar. 2017.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNADES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p. 328-352.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006a. 306 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de produção de soja - Região Central do Brasil - 2006b**. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225 p. (Embrapa Soja. Sistema de Produção, 9).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil**. Londrina: Embrapa, 2012. 254 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Soja**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>. Acesso em: 15 de janeiro de 2013.

FERREIRA, D. **SISVAR software**: versão 5.0. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FOLONI, L. L. et al. Aplicação de glifosato em pós-emergência, em soja transgênica cultivada no cerrado. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 4, n. 3, p. 47-58, 2005.

GONÇALVES, J. M. et al. Eficiência nutricional da soja RR na ausência do glifosato. **Científica**, v.42, n.2, p.157-163, 2014.

GORDON, B. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. In: GREAT PLAINS SOIL FERTILITY CONFERENCE. **Proceeding...** 2006, Denver. Conference. Denver: [S.n.,] 2006, p. 224-226.

GORDON, B. Adubação com manganês em soja convencional e soja resistente ao glyphosate. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 117, p. 6, 2007.

HEENAN, D. P.; CAMPBELL, L. C. Soybean nitrate reductase activity influenced by manganese nutrition. **Plant Cell Physiology**, Kyoto, v. 21, n. 4, p. 731-736, 1980.

IGNÁCIO, V. L. et al. Influence of foliar fertilization with manganese on germination, vigor and storage time of RR soybean seeds. **Revista Ceres**, v.62, n.5, p. 446-452, 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Livrocere, 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. 319 p.

MARCO, R. G. **Densidades e épocas de semeadura de cultivares de soja RR em Selvíria-MS: características agrônomicas**. 2009. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa-MG: UFV, 2005. 451 p.

MUKHOPADHYAY, M. J.; SHARMA, A. Manganese in cell metabolism of higher plants. **Botanical Review**, Bronx, v. 57, p. 117-149, 1991.

OLIVEIRA, J. A. G. **Matéria seca, teores de macronutrientes e produtividade de soja transgênica e não transgênica com diferentes manejos de plantas daninhas**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

PADGETTE, S. R. et al. New weed control opportunities: development of glyphosate-tolerant soybeans. In: DUKE, S.O. (Ed.). **Herbicide resistant crops**. Boca Raton: CRC, 1995. p. 54-80.

RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo- IAC, 1996. 279 p. (Boletim Técnico, 100).

RAYCHAUDHURI, S. S. The role of superoxide dismutase in combating oxidative stress in higher plants. **Botanical Review**, Bronx, v. 66, p. 89-98, 2000.

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

SHANER, D.; BRIDGES, D. Inhibitors of aromatic amino acid biosynthesis (glyphosate). In: **HERBICIDE action course**. West Lafayette: Purdue University, 2003. p. 514-529.

STAUT, L. A. **Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja**. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=413>>. Acesso em: 3 ago. 2011.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Glyphosate Affects Seed Composition in Glyphosate-Resistant Soybean. **Journal of Agricultural and a Food Chemistry**, Easton, v. 58, p. 4517-4522, 2010.