

Artigo

Ivair André Nava · A.C. Gonçalves Jr · D. Schwantes · L. Strey · F.A. Roweder
· R.F.B. de Sousa

Efeitos da fertilização foliar com manganês em soja transgênica cultivada no inverno manejada com glifosato

Recibido: 10 marzo 2012 / Aceptado: 3 maio 2012
© IBADER- Universidade de Santiago de Compostela 2012

Resumo O uso de glifosato pode ocasionar deficiência nutricional na soja RR, sendo o fertilizante com Mn utilizado para corrigir potenciais danos provocados pelo herbicida. Este trabalho tem como objetivo avaliar a disponibilidade do micronutriente Mn, aplicado via foliar, na cultura da soja RR em safra de inverno, para seus teores foliares e componentes de produção e produtividade, em resposta a diferentes doses do nutriente e estádios fenológicos de aplicação, com manejo de glifosato. O delineamento experimental usado foi em blocos casualizados e esquema fatorial (2x5) com 3 repetições, sendo 2 estádios de aplicação do Mn (V3 e R2) e 5 doses do nutriente (0,00; 22,35; 44,70; 67,05 e 89,40 g ha⁻¹ de Mn). Os resultados indicaram que a aplicação de fertilizante comercial com Mn,

na dose de 89,40 g ha⁻¹ no estádio V3, contribuiu para a elevação dos teores foliares de Mg, já a aplicação no estádio R2 favoreceu a elevação do teor foliar de Mn e não houve contribuição dos tratamentos para o aumento dos componentes de produção e produtividade da soja RR de inverno.

Palavras chave soja RR, safra de inverno, herbicida, micronutriente.

Abstract The use of glyphosate can cause nutritional deficiency in RR soybean, being the fertilizer with Mn used to correct potential damages caused by this herbicide. This work aimed to evaluate the availability of the micronutrient Mn, by foliar application, in RR soybean culture in winter crop, for the foliar concentrations and the yield components and productivity, in response to different doses of the nutrient and phenology stages of application, with glyphosate management. The experimental design used was in randomized blocks in factorial scheme (2X5) with 3 replications, being 2 application stages of Mn (V3 and R2) and 5 doses of the micronutrient (0.00; 22.35; 44.70; 67.05; 89.40 g ha⁻¹ of Mn). The results indicate that the application of the commercial fertilizer with Mn, in the dose of 89.40 g ha⁻¹ in V3 stage, contributed for the elevation of the foliar concentrations of Mg, while the application in the R2 stage provided the elevation of Mn foliar concentration, but there wasn't contribution of the treatments for the increase of the yield components and productivity of the RR soybean in winter crop.

Key words RR soybean, winter crop, herbicide, micronutrient.

Ivair André Nava
Doutorando em Agronomia. Laboratório de química ambiental e instrumental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE. End.: Rua Pernambuco, 1777, Marechal Cândido Rondon – Paraná, Brasil. Tel: (55) (45) 3284-7924.
E-mail: eaivair@yahoo.com.br

A.C. Gonçalves Jr
Professor Pós-doutor em ciências ambientais da UNIOESTE. Marechal Cândido Rondon – Paraná - Brasil.
E-mail: affonso133@hotmail.com

D.Schwantes
Mestrando em Agronomia. UNIOESTE.
E-mail: daniel_schwantes@hotmail.com

L. Strey
Mestrando em Agronomia. UNIOESTE.
E-mail: xernoque@hotmail.com

F.A. Roweder
Graduando em Agronomia. UNIOESTE.
E-mail: fabioroweder@yahoo.com.br

R.F.B. de Sousa – Graduando em Agronomia. UNIOESTE.
E-mail: r_felipe_b@hotmail.com

Introdução

O cultivo da soja (*Glycine max* L.), especificamente a transgênica, soja RR (Randup Ready®), é ainda recente no Brasil (Lei 10.688 de 2003), mas seu cultivo tem vindo a aumentar em todo o território nacional. O Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial de sementes

de soja geneticamente modificadas, sendo o país que registrou o maior crescimento absoluto na utilização de biotecnologia agrícola (Malavolta, 2008).

O preço baixo do milho (*Zea mays* L.), faz com que muitos produtores frequentemente elejam a soja como opção de safra de inverno (2ª safra). De acordo com Gomes (2010), a semeadura de 106,8 mil hectares deve render ao Estado do Paraná 182,1 mil toneladas do grão, volume a que se somam as 13,9 milhões de toneladas produzidas na safra de verão.

O incremento da área de cultivo de soja transgênica originou um grande aumento da utilização do herbicida glifosato, devido ao seu baixo custo, operacionalidade e eficácia biológica. Nesse período, profissionais e agricultores vem observando que após a utilização do glifosato, em pós-emergência da soja RR, ocorre um amarelecimento das folhas, indicando possível deficiência do micronutriente manganês (Mn) (Franchini et al. 2008).

O Mn é um micronutriente essencial que desempenha funções importantes na vida da planta, como a ativação de enzimas, formação de clorofila, funcionamento dos cloroplastos e metabolismo do nitrogênio (N) (Melarato et al. 2002; Malavolta, 2008).

A aplicação do Mn na cultura da soja, independentemente da cultivar e da forma de aplicação, aumenta a produtividade de grãos, a germinação, a condutividade elétrica, o índice de velocidade de emergência e os teores de proteína e óleo da soja (Mann et al. 2002). A disponibilidade de Mn no solo como nutriente de plantas e de outros organismos depende de seu estado de oxidação e a forma disponível é a reduzida Mn^{2+} , enquanto a forma oxidada Mn^{4+} , resulta em óxidos insolúveis (Marschner, 1995).

Quando se pretende uma correção da deficiência de Mn na soja, a aplicação foliar é considerada mais eficiente do que a aplicação no solo (Mann et al. 2002). Resultados de pesquisas obtidas pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) têm demonstrado respostas significativas apenas para manganês (Mn), cobalto (Co) e molibdênio (Mo), razão pela qual não existe a recomendação para adubação foliar com outros micronutrientes (Staut, 2009).

A soja RR significa uma evolução técnica, mas para que o máximo proveito possa ser obtido é preciso saber utilizá-la (Gazziero et al. 2008). De acordo com Procópio et al. (2006), a aplicação de herbicidas, tornou-se prática obrigatória em cultivos realizados no sistema plantio direto. E o principal herbicida utilizado nessa operação é o glifosato, que age inibindo a enzima 5-enol-piruvil-shiquimato-3-fosfatossintase (EPSPS), atuante na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos (Coutinho & Mazo, 2005).

Para os autores Franchini et al. (2008), em seu trabalho de avaliação das alterações na nutrição mineral da soja induzidas por transgenia e manejo com herbicidas, seus resultados indicaram efeitos causados pela modificação genética com a introdução do gene de tolerância ao

glifosato na nutrição mineral, quanto aos teores foliares de cálcio (Ca), manganês (Mn), nitrogênio (N), fósforo (P) e magnésio (Mg), sendo essas alterações mais expressivas observadas para Ca e Mn, indicando que para esses nutrientes a modificação genética proporcionou diminuição de seus teores foliares em relação ao material não modificado.

O sintoma típico observado no campo após a aplicação do glifosato é conhecido como “yellow flashing” ou amarelecimento das folhas superiores. Algumas cultivares de soja RR não apresentam amarelecimento. Todavia, outras cultivares podem apresentar alta fitointoxicação causada pelo herbicida e, nesse caso, muitos agricultores e técnicos recomendam a utilização do elemento Mn, em aplicação concomitante ou subsequente ao uso do herbicida (Zobiole & Oliveira Jr., 2009).

Gordon (2006) comenta que, apesar da aceitação generalizada da cultura transgênica nos Estados Unidos (EUA), os agricultores estão percebendo que a soja RR não está produzindo tanto quanto esperavam mesmo nas melhores condições de solo e clima, e que existem evidências apontando para interferências do glifosato no metabolismo da planta e também na população de microrganismos do solo, responsáveis pela redução do Mn na forma disponível às plantas (Mn^{2+}).

No Brasil, outros trabalhos referem que a aplicação do glifosato e do fertilizante com Mn, não interferem nos componentes de produção e produtividade da soja RR, podendo até nem modificar seu estado nutricional com a aplicação de ambos os produtos comerciais (Agostinetto et al. 2009; Basso et al. 2011; Correia & Durigan, 2009; Daniel & Correia, 2010; Stefanello et al. 2011).

Atualmente é difícil conhecer o que levou realmente a esta tendência de uso do micronutriente Mn, em aplicações foliares na soja RR manejada com glifosato. O que muitas vezes não segue critério científico, sendo que as doses e épocas de aplicação recomendadas, não são remetidas por órgãos de pesquisas e sim por empresas do ramo da atividade agrícola.

O objetivo deste trabalho é avaliar a disponibilidade do micronutriente Mn aplicado via foliar, na cultura da soja RR em safra de inverno, para seus teores foliares e componentes de produção e produtividade, em resposta a diferentes doses do nutriente, frente a diferentes estádios fenológicos de aplicação, com o manejo do herbicida glifosato em pós-emergência.

Material e métodos

O experimento foi realizado a campo, no município de Palotina – PR (Latitude 24°16'04"S, Longitude 53°46'49"W e Altitude de 338 m). O clima é sub-tropical úmido (Cfa) segundo classificação de Köppen. O local de implantação foi em área de lavoura comercial, com sistema plantio direto na palha (SPDP). As informações sobre o clima da região

| Mês | T.MAX. °C | T.MIN. °C | T.MED. °C | UMID. % | PRECI. mm |
|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|
| Fevereiro | 32,9 | 22,4 | 26,4 | 78,0 | 149,7 |
| Março | 32,3 | 18,9 | 24,5 | 75,2 | 144,3 |
| Abril | 29,2 | 16,2 | 21,4 | 78,6 | 96,8 |
| Maior | 23,7 | 12,4 | 17,0 | 82,6 | 115,7 |

T.MAX. - média das temperaturas máximas diárias; T.MIN. - média das temperaturas mínimas diárias; T.MED. - temperaturas médias; UMID. - umidade relativa do ar; PRECI.- precipitação pluviométrica.

Tabela 1.- Dados meteorológicos do período de condução do experimento no ano de 2010

| pH | P | K | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H ⁺ +Al ³⁺ | C | SB | T |
|-------|---------------------|------|------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------|
| | mg dm ⁻³ | | cmol _c dm ⁻³ | | | | g dm ⁻³ | cmol _c dm ⁻³ | |
| 5,00 | 23,70 | 0,26 | 5,02 | 1,67 | 0,00 | 8,36 | 15,19 | 6,95 | 15,31 |
| V | Fe | Cu | Zn | Mn | B | S(SO ₄) ²⁻ | Areia | Silte | Argila |
| % | mg dm ⁻³ | | | | | mg dm ⁻³ | % | | |
| 45,40 | 35,00 | 5,50 | 2,20 | 85,00 | 0,72 | 9,10 | 18 | 16 | 66 |

SB – soma de bases; V – saturação das bases; T – capacidade de troca catiônica; pH – cloreto de cálcio; P, K, Cu, Zn, Fe e Mn – Mehlich I; Ca, Mg e Al – KCl; C – Walkey Black; H+Al – Tampão SMP; S(SO₄)²⁻ – fosfato monocálcico; B– cloreto de bário.

Tabela 2.- Análise química e física do solo onde foi conduzido o experimento

(Tabela 1), durante a condução do experimento foram fornecidas pelo IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná).

Coletou-se uma amostra de solo na área do experimento (0-20 cm), e sua análise química e física (Tabela 2) foi realizada empregando a metodologia proposta pelo IAPAR (1992). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf), Tipo 3, possuindo textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), esquema fatorial (2x5) com 3 repetições. Sendo 2 estádios fenológicos (V3 e R2) de aplicação do fertilizante foliar com Mn e 5 doses diferentes, totalizando 10 tratamentos. As parcelas foram constituídas de 5 linhas de soja com 4 m de comprimento e espaçamento entrelinha de 0,45 m. A parcela útil foi constituída pelas 3 linhas centrais, desprezando-se ainda como bordadura 1 m do início e 1 m do final de cada parcela em direção ao centro, com uma bordadura lateral de 0,90 m, totalizando área útil de 2,7 m².

A semeadura foi realizada em fevereiro de 2010, com semeadora de precisão, depositando 20 sementes por metro linear da soja RR cultivar SYN 3358®. As sementes foram tratadas com fungicida Fluquinconazole (3 mL kg⁻¹ de semente), inseticida Fipronil (1 mL kg⁻¹ de semente) e inoculante com estirpes do gênero *Rizobium*. A cultura recebeu adubação de base com 207 kg ha⁻¹ do formulado 00:20:20 (N₂:P₂O₅:K₂O), segundo recomendações para fertilidade do solo (EMBRAPA, 2008). O fertilizante foliar foi constituído de 5 doses: 0,00; 22,35; 44,70; 67,05 e 89,40 g ha⁻¹ de Mn do produto comercial (p.c.) (Quelatzado à base de sulfato de Mn²⁺ com EDTA), sendo uma derivação (0, 25, 50, 75 e 100%) da dose prescrita pelo fabricante (1,03 L ha⁻¹ p.c.), para uma correção de deficiência de Mn.

Para o controle das plantas daninhas em pós-emergência, foi utilizado o herbicida Randup Ready® com dose de 1,24 L ha⁻¹ de Sal de Isopropilamina de Glifosato (648 g L⁻¹) em um manejo com duas aplicações, as quais foram concomitantes com o fertilizante foliar de Mn nos estádios V3 (quatro nós

cujas folhas apresentam folíolos desdobrados) e R2 (flores abertas em um dos dois nós superiores da haste principal) (IPNI, 2011).

O volume de calda utilizado foi regulado para 200 L ha⁻¹, e para sua aplicação, utilizou-se um pulverizador costal pressurizado com CO₂, visando uma pressão constante ao longo da aplicação. Houve o controle de pragas e doenças na área experimental, a qual se manteve isenta de plantas daninhas até o momento da colheita.

Para quantificar os macro e micronutrientes do tecido foliar da soja, realizou-se uma coleta 4 dias após a 2ª aplicação dos tratamentos, com retirada de 20 trifólios mais pecíolo do terço médio da planta (Malavolta et al. 1997). O material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura de 65 °C durante 48 h e posteriormente moagem.

Para determinação dos nutrientes P (fósforo), K (potássio), Ca, Mg e Zn (zinco) no tecido foliar da soja, utilizou-se o método de digestão nitro-perclórica (AOAC, 2005) seguido de determinação por meio de espectrometria de absorção atômica (EAA-chama) (Welz & Sperling, 1999). O P foi determinado por meio de espectroscopia de ultra-violeta visível (UV-VIS) (IAPAR, 1992).

A colheita ocorreu no mês de maio, 92 dias após semeadura, realizada de forma manual recolhendo-se todas as plantas na parcela útil (2,7 m²). Foram avaliados os seguintes componentes de produção: número de legumes por planta (NLP), número de grãos por legume (NGL) e massa de 100 grãos (M100) a 13% de umidade. A avaliação da produtividade (PROD) foi realizada por meio da pesagem dos grãos produzidos e estimando-a em kg ha⁻¹.

Todos os dados do experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA), por meio do teste F (Fisher) a 5% de probabilidade e para as médias da interação o teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico SISVAR 5.0 (Ferreira, 2003).

Resultados e discussão

Na análise do tecido foliar da soja RR, o resultado da ANOVA (Tabela 3), mostrou que há diferença estatística ($p < 0,05$) na fonte de variação interação estádio versus dose, para os elementos Mg e Mn; para as demais variáveis não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

Esse resultado confirma a relação estreita entre o Mg e o Mn que possuem valência e raio iônico semelhante, podendo esses competir pelo mesmo local de absorção (Mass et al. 1969).

A análise do desdobramento das médias, para o elemento Mg (Tabela 4), demonstrou efeito significativo apenas para a dose 89,40 g ha⁻¹, onde se observa que no estádio V3 houve uma média maior da concentração de Mg foliar em relação ao estádio R2 e para as demais doses não houve diferença estatística.

A dose 89,40 g ha⁻¹ do fertilizante foliar, apresentou maiores médias para o teor de Mg no tecido foliar. Essa interação pode ser explicada pelo sinergismo proporcional que há entre os elementos, para o metabolismo da fotossíntese e a transferência de fosfatos (Taiz & Zeiger, 2004). O trabalho de Lima et al. (2004), também demonstrou que, para os elementos Mg e Mn, há uma tendência crescente de Mg foliar, em função das doses de Mn aplicadas.

Na soja, em condições de campo, a maior atividade de fixação de N tem início próximo dos estádios V2 e V3 (IPNI, 2011) e segundo Marschner (1995), o Mg é considerado um elemento móvel na planta. Essas afirmações podem explicar os melhores resultados da aplicação no estádio V3, já que tanto o N como o Mg são elementos que fazem parte da molécula de clorofila, indispensável à fotossíntese.

Sendo o Mg móvel no floema, grande parte dele na planta encontra-se na forma solúvel, por isso é facilmente redistribuído, principalmente no estádio R2 onde ocorre formação de botões florais e flores abertas (IPNI, 2011). Nos resultados do experimento podemos perceber essa redistribuição, pois no estádio V3 com 3,25 g kg⁻¹, considerado médio segundo EMBRAPA (2008), houve um acúmulo 65,8% superior ao R2, ou seja, nesse estádio já se requer uma maior demanda para o crescimento da soja, pelo que seus teores diminuíram para 1,96 g kg⁻¹.

Além disso, o estádio R2 marca o início de um período de rápido e constante acúmulo diário das taxas de matéria seca e de nutrientes pela planta, que se inicia nas partes vegetativas como: folhas, hastes, pecíolos e raízes (IPNI, 2011). Portanto, no Brasil, na soja de safra de inverno seu crescimento é rápido, ou seja, o ciclo vegetativo da soja na época de inverno é mais curto do que o da época de verão (Marchiori et al. 1999).

| F.V. | G.L. | Quadrados médios | | | | | | | |
|---------|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
| | | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Cu | Zn |
| Bloco | 2 | 0,07 | 7,87 | 353,3 | 11,12 | 9407 | 1720 | 7,43 | 17,10 |
| Estádio | 1 | 0,03 ^{ns} | 3,00 ^{ns} | 1,32 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 3944 ^{ns} | 38,53 ^{ns} | 2,13 ^{ns} | 6,53 ^{ns} |
| Dose | 4 | 0,04 ^{ns} | 0,62 ^{ns} | 0,45 ^{ns} | 0,10 ^{ns} | 730 ^{ns} | 101,58 ^{ns} | 0,41 ^{ns} | 10,75 |
| E. x D. | 4 | 0,04 ^{ns} | 3,72 ^{ns} | 4,03 ^{ns} | 0,54 [*] | 347 ^{ns} | 312,78 [*] | 1,55 ^{ns} | 17,78 ^{ns} |
| Resíduo | 18 | 0,04 | 2,57 | 8,27 | 0,17 | 2025 | 105,35 | 2,10 | 13,72 ^{ns} |
| CV (%) | - | 5,95 | 9,82 | 22,09 | 14,87 | 29,91 | 12,27 | 14,02 | 8,62 |

F.V. - fonte de variação; G.L. - graus de liberdade; ns- não significativo; *- significativo a 5% pelo teste F; E. x D. - interação estádio versus dose; CV - coeficiente de variação.

Tabela 3. - ANOVA para as concentrações de macro e micronutrientes no tecido foliar da soja RR

| Estádios | Doses de fertilizante foliar g ha ⁻¹ | | | | |
|----------|---|----------|----------|----------|----------|
| | 0,00 | 22,35 | 44,70 | 67,05 | 89,40 |
| | -----Teores de Mg (g kg ⁻¹)----- | | | | |
| V3 | 2,61 Aa | 2,96 Aa | 2,81 Aa | 2,86 Aa | 3,25 Aa |
| R2 | 2,80 Aa | 2,88 Aa | 2,98 Aa | 2,71 Aa | 1,96 Ab |
| | -----Teores de Mn (mg kg ⁻¹)----- | | | | |
| V3 | 93,33 Aa | 90,33 Aa | 77,66 Aa | 78,00 Aa | 73,33 Ab |
| R2 | 87,00 Aa | 75,00 Aa | 84,33 Aa | 81,33 Aa | 96,33 Aa |

Letras iguais maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. - Desdobramento de estádio dentro de cada nível de dose na interação E. x D., para os elementos Mg e Mn foliar

Já houve relatos da redução na altura das plantas de soja de inverno, devido à menor duração do período vegetativo (Câmara, 1992). No experimento foi possível observar esse rápido crescimento, pois as plantas de soja tiveram o V3 como último estádio vegetativo, passando rapidamente para o estádio R1 (início do florescimento).

Na análise das médias entre os estádios e doses para o elemento Mn (Tabela 4), os dados demonstraram efeito significativo apenas para a dose 89,40 g ha⁻¹, observando-se que no estádio R2 houve uma média maior da concentração do elemento Mn na folha da soja RR em relação ao estádio V3. Para as demais doses não houve diferença estatística.

Esses maiores teores foliares de Mn na soja, quando a adubação foliar foi realizada em R2, se deve possivelmente, à baixa solubilidade do Mn na planta, e pela adubação ter sido realizada em momento próximo a coleta das folhas em que foram realizadas as análises (R3), o que pode levar a supor que estas folhas continham quantidades de Mn ainda não metabolizado pela planta.

A Tabela 2, que apresenta os resultados da análise química de solo do experimento. De acordo com EMBRAPA (2008), o teor de Mn do solo ($85,00 \text{ mg dm}^{-3}$), é considerado Alto em sua classificação. Por outro lado, foi possível observar que a cultivar de soja RR utilizada, não revelou sintomas de deficiência nutricional para o elemento e a aplicação de herbicida não apresentou percalços para a nutrição das plantas, nem foi constatado efeito “yellow flashing”.

De acordo com Oliveira Jr. et al. (2000), teores de Mn nas folhas de soja entre 10 e 20 mg kg^{-1} (nível crítico) causam o aparecimento de sintomas de deficiência nas plantas de soja. No experimento, os teores médios de Mn quantificados nas folhas, com relação a dose $89,40 \text{ g ha}^{-1}$, foram de $73,33$ à $96,33 \text{ mg kg}^{-1}$. Esses valores estão acima dos teores considerados como nível crítico, para que ocorram sintomas de deficiência. Com e sem a aplicação de Mn, o seu teor nas folhas foi considerado da classe Médio, segundo EMBRAPA, (2008) o que é justificado pelos altos teores de Mn no solo.

Os pesquisadores Correia & Durigan (2009), também encontraram resultados onde o teor foliar de Mn, tanto na testemunha quanto nos demais tratamentos, com aplicação de glifosato e Mn, permaneceram acima do nível crítico para a soja, sendo que nesse experimento houve a aplicação concomitante com o herbicida glifosato.

Cabe salientar que em outros trabalhos realizados a campo, não foram constatados efeitos do glifosato aplicado em pós-emergência da soja RR, em relação à concentração de Mn nos tecidos vegetais da soja (Santos et al. 2007; Loecker, 2008).

A ANOVA dos componentes de produção e produtividade: número de legumes por planta (NLP), número de grãos por legumes (NGL), massa de 100 grãos (M100) e produtividade (PROD), são apresentados na Tabela 5, onde se observa que não foi encontrada diferença estatística ($p > 0,05$) para as fontes de variação avaliadas.

A produtividade média obtida no experimento foi de $1,51 \text{ t ha}^{-1}$, não conseguindo atingir a estimativa desejada de $2,5$ a $2,9 \text{ t ha}^{-1}$, segundo recomendação de Mascarenhas & Tanaka (1997). A redução do ciclo e porte da cultura, devido ao fotoperíodo, levou a cultivar a um florescimento precoce, o que pode ter restringido a absorção dos minerais, explicado pela baixa produtividade (Oliveira Jr. et al. 2000).

A produtividade de grãos da soja RR de inverno, não foi influenciada pela aplicação foliar de Mn ou pela aplicação de glifosato em pós-emergência da cultura. Resultados semelhantes obtiveram Bailey et al. (2002), em que na interação de glifosato com Mn em mistura na calda de pulverização, não observaram influência da aplicação do herbicida ou de Mn, sobre a produtividade de grãos.

A grande limitação da soja de inverno é o fotoperíodo, quando se efetua a semeadura tardia. Assim quando se comparam diferentes épocas de semeadura para a soja, verifica-se que, no verão, são obtidos valores superiores no número de legumes por planta, em relação ao do inverno, fato esse atribuído, principalmente, ao maior desenvolvimento das plantas no cultivo de verão (Crusciol, 2002). Em condições adversas como restrição hídrica (inverno), a planta preferencialmente formará poucas sementes nos legumes fixados, ao invés de várias e mal formadas sementes, pois seu objetivo biológico principal é a perpetuação da espécie (Medina, 1994).

| F.V | G.L | Quadrados Médios | | | |
|---------|-----|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | | NLP | NGL | M100 | PROD |
| Bloco | 2 | 0,06 | 0,056 | 0,47 | 40638 |
| Estádio | 1 | 00,48 ^{ns} | 0,021 ^{ns} | 0,06 ^{ns} | 23677 ^{ns} |
| Dose | 4 | 24,79 ^{ns} | 0,008 ^{ns} | 3,51 ^{ns} | 35469 ^{ns} |
| E. x D. | 4 | 10,97 ^{ns} | 0,004 ^{ns} | 0,12 ^{ns} | 4992 ^{ns} |
| Resídu | 18 | 11,11 | 0,024 | 0,06 | 30635 |
| CV (%) | - | 16,04 | 5,74 | 2,20 | 11,31 |

F.V. - fonte de variação; G.L. - grau de liberdade; NPL - número de legumes por planta; NGL - número de grãos por legumes; M100 - massa de 100 grãos; PROD - produtividade; ns - não significativo; E. x D. - interação estágio versus dose; CV - coeficiente de variação

Tabela 5.- ANOVA dos componentes de produção e da produtividade

É possível que, mesmo que o herbicida possa interferir na absorção de Mn, esse efeito negativo não tenha se manifestado devido ao alto teor desse micronutriente no solo utilizado e seu referido pH de 5,0 proporcionando maior quantidade de Mn disponível (Malavolta et al. 1997). Os resultados do experimento se assemelham com os de outros trabalhos, os quais também atestaram que o desenvolvimento das plantas tratadas foi estatisticamente similar ao das não tratadas com o herbicida em questão (Correia & Durigan, 2009).

Não havendo acréscimo na produção e, portanto, nem lucro financeiro decorrente da utilização de fertilizante foliar com Mn nesse experimento, pode-se salientar a importância da utilização de técnicas de prescrição de fertilizantes, como é revelado por Lopes & Guilherme, (2000) onde a filosofia de prescrição, é um sistema ideal do ponto de vista econômico, de segurança para o agricultor e de uso racional de recursos naturais.

Conclusões

A aplicação de fertilizante comercial com Mn, na dose de $89,40 \text{ g ha}^{-1}$ aplicado no estágio V3, contribuiu para a elevação dos teores foliares de Mg, enquanto que a aplicação no estágio R2, favoreceu a elevação do teor foliar de Mn na soja RR de inverno.

O fertilizante foliar com Mn, não contribuiu para o aumento dos componentes de produção e produtividade da soja RR de inverno em todos os estágios fenológicos avaliados.

Agradecimentos À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná, Brasil.

Bibliografia

Agostinetto, D., Tironi, S.P., Galon, L. & Dal Magro, T. (2009). Desempenho de formulações e doses de glifosato em soja transgênica. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*. 3, 2: 35-41.

AOAC, Official methods of analysis. (2005). An Maryland AOAC. 18 ed. 300pp.

Bailey, W.A., Poston, D.H., Wilson, H.P. & Hines, T.E. (2002). Glifosato interactions with manganese. *Weed Technology*. 16, 4: 792-799.

Basso C.J., Santi, A.L., Lamego, F.P. & Giroto, E. (2011). Aplicação foliar de manganês em soja transgênica tolerante ao glifosato. *Ciência Rural*. 41, 10: 1726-1731.

Câmara, G.M.S. (1992). Ecofisiologia da cultura da soja. *Anais do Simpósio sobre a cultura e produtividade da soja*. 9: 129-142.

Correia, N.M. & Durigan, J.C. (2009). Glifosato e adubação foliar com manganês na cultura da soja transgênica. *Revista Planta Daninha*. 27, 4: 721-727.

Coutinho, C.F.B. & Mazo, L.H. (2005). Complexos metálicos com o herbicida glifosato. *Química Nova*. 28, 6: 1038-1045.

Crusciol, C.A.C., Lazarini, E., Buzo, C.L. & Sá, M.E. (2002). Produção e qualidade fisiológica de sementes de soja avaliadas na semeadura de inverno. *Scientia Agricola*. 59, 1: 79-86.

Daniel, B. & Correia, N.M. (2010). Teores foliares de macro e micronutrientes em soja transgênica pulverizada com glifosato. *Anais do XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. 27: 1400-1404.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006). Sistema brasileiro de classificação de solos. In: *Embrapa Solos*. 2.ed. Rio de Janeiro.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2008). Tecnologias de produção de soja, região central do Brasil, 2009 e 2010. In: *Embrapa Soja (Sistemas de Produção 13)*. Londrina.

Ferreira, D.F. (2003). SISVAR – Sistemas de análises estatísticas. UFLA. Lavras.

Franchini, J.C., Babujia, L.C., Pereira, A.S., Souza, R.A. & Hungria, M. (2008). Alterações na nutrição mineral da soja induzidas por transgenia e manejo com herbicidas. *Anais da XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.304)* 30: 296-298.

Gazzeiro, D.L.P., Adegas, F. & Voll, E. (2008). Glifosato e soja transgênica. *Embrapa Soja - Circular Técnica* 60. 4pp.

Gomes, L. (2010). Safrinha de soja pressiona mercado no PR. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/caminhosdocampo/conteudo.phtml?tl=1&id=1014992&tit=Safrinha-de-soja-pressiona-mercado-no-PR> [17 junho, 2010].

Gordon, B. (2006). Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. *Better Crops*. 91, 4: 12-13.

IAPAR – Instituto Agronômico do Paraná. (1992). Manual de análise química do solo e controle de qualidade. (Circular 76). 40 pp. Londrina.

IPNI, The International Plant Names Index. (2011). Como a planta de soja se desenvolve. Disponível em: [http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/\\$FILE/Sojanovo3-5.pdf](http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/$FILE/Sojanovo3-5.pdf) [01 agosto, 2011].

Lima, D.V., Kliemann, H.J. Moraes, M.F. & Leandro, W.M.L. (2004). Relações entre doses de calcário e manganês na nutrição mineral da soja na região de Rio Verde - GO. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 34, 2: 65-73.

Lopes, A.S. & Guilherme, L.R.G. (2000). Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos. *ANDA - Associação nacional para difusão de adubos*. 3 ed. 70 pp. São Paulo.

Loecker, J.L. (2008). Manganese response and nutrient uptake in conventional and glifosato-resistant soybean. In *A Thesis (Master of Science) – Kansas State University*. 148 pp. Manhattan – Kansas.

Malavolta, E. (2008). O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. *Informações Agronômicas*. In: *IPNI – International Plant Nutrition Institute*. 121: 10pp.

Malavolta, E., Vitti, G.C. & Oliveira, S.A. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. In *Potafos*. 2ed. 319 pp. Piracicaba.

Mann, E.N., Resende, P.M., Mann, R.S., Carvalho, J.G. & Pinho, E.V.R.V. (2002). Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 37, 12: 1757-1764.

Marchiori, L.F.S., Câmara, G.M.S., Peixoto, C.P. & Martins, M.C. (1999). Desempenho vegetativo de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. *Scientia Agricola*. 56, 2: 25-36.

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press.

Mascarenhas, H.A.A. & Tanaka, R.T. (1997). Leguminosas e oleaginosas: soja. *Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campinas*, 100: 202-203.

Mass, E.V., Moore, D.P. & Mason, B.J. (1969). Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. *Plant Physiology*. 44, 6: 796-800.

- Medina, P.F. (1994). Produção de sementes de cultivares precoces de soja, em diferentes épocas e locais do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. 173 pp. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Melarato, M., Panobianco, M., Vitti, G.C. & Vieira, R.D. (2002). Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. *Ciência Rural*. 32, 6: 1069-1071.
- Oliveira Jr., J.A., Malavolta, E. & Cabral, C.P. (2000). Efeitos do manganês sobre a soja cultivada em solo de cerrado do triângulo mineiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 35, 8: 1629-1636.
- Procópio, S.O., Pires, F.R., Menezes, C.C.E., Barroso, A.L.L., Moraes, R.V., Silva, M.V.V., Queiroz, R.G. & Carmo, M.L. (2006). Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. *Planta Daninha*. 24, 1: 193-197.
- Santos, J.B., Ferreira, E.A., Reis, M.R., Silva, A.A., Fialho, C.M.T. & Freitas, M.A.M. (2007). Avaliação de formulações de glifosato sobre soja Roundup Ready. *Planta Daninha*. 25, 1: 165-171.
- Staut, L.A. (2009). Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja. Disponível em: <http://www.cpao.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo5.html> [12 Julho, 2009].
- Stefanello, F.F., Marchetti, M.E., Silva, E.F., Stefanello, J., Doreto, R.B.S. & Novelino, J.O. (2011). Efeito de glifosato e manganês na nutrição e produtividade da soja transgênica. *Semina: Ciências Agrárias*. 32, 3: 1007-1014.
- Taiz, T & Zeiger, E. (2004). *Fisiologia vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed.
- Welz, B & Sperling, M. (1999). *Atomic Absorption Spectrometry*. 3rd ed, Willey-VHC, Weinheim.
- Zobiole, L.H.S. & Oliveira Jr., R.S. (2009). Interações fisiológicas entre glifosato e complexos metálicos. *Anais da XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil* – in: EMBRAPA SOJA - Documentos 310: 101-109.