

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**APLICAÇÃO DE GLIFOSATO E MANGANÊS NA
NUTRIÇÃO E PRODUTIVIDADE DA SOJA
TRANSGÊNICA**

FÁBIO FERNANDO STEFANELLO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2009**

**APLICAÇÃO DE GLIFOSATO E MANGANÊS NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE DA SOJA TRANSGÊNICA**

FÁBIO FERNANDO STEFANELLO
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: PROF^a DR^a. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Grande Dourados, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia – Produção
Vegetal, para obtenção do título de Mestre.**

**Dourados
Mato Grosso do Sul
2009**

**APLICAÇÃO DE GLIFOSATO E MANGANÊS NA NUTRIÇÃO E
PRODUTIVIDADE DA SOJA TRANSGÊNICA**

por

Fábio Fernando Stefanello

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do
título de MESTRE EM AGRONOMIA**

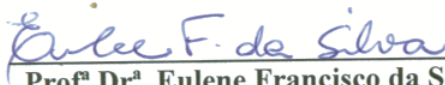
Aprovada em: 19 / 05 / 2009



**Profª Drª. Marlene Estevão Manchetti
Orientadora – UFGD/FCA**



**Profª Dr. Marcos Antonio Camacho da
Silva
UEMS**



**Profª Drª. Eulene Francisco da Silva
UFGD/FCA**



**Profª Drª. Elaine Reis Pinheiro Lourente
UFGD/FCA**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais
Adair José Stefanello e Marilena Basso
Stefanello e aos meus irmãos Tiago e
Josemar.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu forças, sabedoria e coragem para que eu vencesse todos os obstáculos que encontrei no decorrer dos meus estudos.

À minha família, pela paciência e apoio.

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade da realização do mestrado.

As professoras Marlene Estevão Marchetti e Eulene Francisco da Silva, pela orientação e paciência.

Aos meus amigos e colegas de curso, pela ajuda, incentivo e companheirismo.

À todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACTix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Soja transgênica resistente ao glifosato	3
2.2 Glifosato	4
2.3 Manganês	5
2.4 Aplicação de glifosato em soja RR e nutrição de Mn	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÕES	27
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
QUADRO 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.	12
QUADRO 2. Quantidade de glifosato e Mn aplicados nos tratamentos e suas respectivas épocas de aplicação	13
QUADRO 3. Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Mn, Fe, Zn e Cu em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja e tratamentos com aplicação foliar de Mn, na Fazenda Lages de Pedra	17
QUADRO 4. Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Mn, Fe, Zn e Cu em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja e tratamentos com aplicação foliar de Mn, na Fazenda São Manoel	17
QUADRO 5. Resumo da análise de variância para massa de 100 grãos e produtividade em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja e de tratamentos com aplicação foliar de Mn, na Fazenda Lages de Pedra	18
QUADRO 6. Resumo da análise de variância para massa de 100 grãos e produtividade em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja e de tratamentos com aplicação foliar de Mn, na Fazenda São Manoel.	18

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Precipitação pluviométrica total em cada decêndio na área experimental, no período de outubro de 2007 a março de 2008.	11
FIGURA 2. Teores foliares de N, P, K e micronutrientes catiônicos em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel.	20
FIGURA 3. Teores foliares de N, P e K em resposta a tratamentos com aplicação foliar de Mn, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel.. . . .	21
FIGURA 4. Teor foliar de micronutrientes catiônicos em resposta a tratamentos com aplicação foliar de Mn, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel.	22
FIGURA 5. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel.	25
FIGURA 6. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja em resposta a tratamentos com aplicação foliar de Mn, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel.	26

RESUMO

Stefanello, Fábio Fernando, Universidade Federal da Grande Dourados, maio de 2009.
Aplicação de glifosato e manganês na nutrição e produtividade de soja transgênica.
Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-Orientador: José Oscar Novelino.

A soja transgênica resistente ao glifosato tem sido amplamente cultivada no mundo. Apesar dos benefícios dessa tecnologia no controle de plantas daninhas, recentemente tem-sê observado em alguns locais que, após a aplicação de glifosato as plantas de soja RR encontravam-se amarelecidas, e isso poderia ser causado por uma deficiência induzida de Mn. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de glifosato em pós-emergência em diferentes estádios fenológicos da soja RR e, seus efeitos nos teores foliares de nutrientes e produtividade de grãos, em condições de campo. O experimento foi desenvolvido na Faz. Lages de Pedra e Faz. São Manoel, ambas no município de Rio Brillhante – MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro e seis repetições nos diferentes locais. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 3 x 8, e consistiram da combinação de três tratamentos com aplicação de glifosato (sem glifosato; 720 g i.a. de glifosato no estádio fenológico da soja V2 + 480 g i.a. em V4 e 1.200 g i.a. de glifosato no estádio V4 da soja RR) e oito tratamentos com aplicação de Mn (sem aplicação de Mn; Mn no estádio fenológico da soja V4; Mn em V4 + V8; Mn em V4 + R2; Mn em V4 + V8 + R2; Mn em V8; Mn em V8 + R2 e Mn no estádio R2 da soja) (em cada aplicação de Mn foi utilizado 332 g de Mn ha⁻¹), totalizando 24 tratamentos. Não foi observado em nenhum momento do desenvolvimento da cultura sintomas visuais de fitotoxicidade na soja RR oriundos da aplicação de glifosato. Neste estudo não foi observado efeito do glifosato sobre os teores foliares de Mn na soja RR, assim como dos nutrientes N, P, K, Fe, Zn e Cu, bem como na massa de 100 grãos e na produtividade de grãos da soja. A aplicação foliar com Mn não influenciou a massa de 100 grãos e a produtividade, entretanto aumentou os teores foliares de Mn quando a aplicação foi realizada de forma isolada ou nas possíveis combinações nos estádios fenológicos V8 e R2 da soja transgênica. O teor foliar de Fe diminuiu com a aplicação foliar de Mn na Faz. Lages de Pedra.

Palavras chave: roundup ready, deficiência de micronutriente, herbicida.

ABSTRACT

Stefanello, Fábio Fernando, Universidade Federal da Grande Dourados, may, 2009. **Application glyphosate in transgenic glyphosate-resistant soybean and your effect manganese uptake.** Adviser: Marlene Estevão Marchetti. Co-Adviser: José Oscar Novelino.

The transgenic glyphosate-resistant soybean (soybean GR) has been widely cultivated in the world. Although of the benefits of this technology on weed control, currently observed at some regions that, after the application glyphosate, the soybean GR were with leaf chlorosis and could be caused by glyphosate-induced deficiency of Manganese. Thus, the objective of this study was to evaluate the post-emergence application of glyphosate and Mn on soybean GR at different phenological growth stages and your effect in nutrients uptake and soybean GR yield. The experiment was carried out at two farms (Lages de Pedra and São Manoel), both at city of Rio Brillhante-MS. The study was in a completely randomized block design with four (São Manoel) and six (Lages de Pedra) replicates. The treatments were analyzed as factorial 3x8 with three times of application (without glyphosate; glyphosate application (720 g e.a.) in phenological growth stages V2 + V4 (480 g e.a.) and application only V4 (1.200 g e.a.)) and eight foliar Mn application of Mn in different phenological growth stages (without Mn; Mn on V4; Mn on V4 + V8; Mn on V4 + R2; Mn on V4 + V8 + R2; Mn on V8; Mn on V8 + R2 e Mn on R2), completing 24 treatments. It was not observed at no moment of the development of the culture visual symptoms of plant toxicity effects caused by glyphosate application. As well, it was not observed effects of glyphosate application on soybean GR in uptake of Mn and nutrients as N, P, K, Fe, Zn e Cu, as well, in mass of 100 grains and yield culture. The foliar Mn application did not influence the mass of 100 grains and yield culture, however increased leaf Mn content when the application was carried at phenological growth stages V8 and R2 or inside these possible combinations. The leaf Fe content decreased with the foliar Mn application.

Key words: roundup ready, micronutrient deficiency, herbicide.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) constitui um dos produtos agrícolas de maior importância para a economia mundial, sendo o Brasil o segundo maior produtor e o maior exportador do mundo. Avanços na biotecnologia possibilitaram a criação de variedades de soja transgênica resistente ao herbicida glifosato, designada soja RR. Esta tecnologia proporcionou o uso deste herbicida como pós-emergente na soja, com reconhecida eficácia e amplo espectro de controle de plantas daninhas. O sistema de cultivo da soja RR é bastante similar ao cultivo convencional, diferenciado apenas pela utilização de sementes geneticamente modificadas e pela possibilidade do uso de um herbicida não seletivo como pós-emergente.

A utilização da soja resistente ao glifosato tem sido amplamente adotada devido aos benefícios da aplicação deste herbicida em pós-emergência da cultura. Na safra 2007/2008 aproximadamente 65% da soja cultivada no Brasil foi RR. 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. Em termos relativos, o Brasil ficou em segundo lugar, com um aumento de 30%, índice superado apenas pela Índia (63%). Apesar do aumento no cultivo e na área de lavouras, o Brasil manteve a posição de terceiro maior produtor mundial de culturas transgênicas (com 14,5 milhões de hectares de soja RR e 500 mil hectares de algodão Bt), ficando atrás dos Estados Unidos (com 57,7 milhões de hectares plantados) e da Argentina (com 19,1 milhões de hectares) (JAMES, 2007).

O herbicida glifosato apresenta algumas características favoráveis, como o controle de diversas espécies de plantas daninhas anuais e perenes, além de promover controle eficiente das invasoras em estágios de crescimento mais avançados. A possibilidade de uso do glifosato após a emergência das plantas de soja, proveniente da introdução das variedades RR, representa uma nova alternativa de controle em função da eficiência e viabilidade econômica.

A rápida e crescente difusão da soja transgênica, gera intensos debates sobre as vantagens e desvantagens técnicas e econômicas desse tipo tecnologia. Recentes observações no campo realizadas por pesquisadores nos Estados Unidos identificaram um amarelecimento das folhas na soja RR após a aplicação de glifosato. Foi sugerido que a aplicação de glifosato era responsável pelo amarelecimento, causado por uma

deficiência induzida de micronutriente, especialmente o manganês (Mn) (HUBER, 2007). Tal fato serviu de alerta, pois pode ocasionar uma diminuição da produtividade de grãos nesta cultura. 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 glifosato na absorção deste nutriente.

Atualmente existem muitas cultivares de soja tolerantes ao glifosato e os efeitos deste herbicida sobre a soja RR são dependentes de fatores como variedade, grupo de maturação da cultura, época de aplicação e dose, além das condições ambientais (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2008). 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 glifosato e absorção de nutrientes, especialmente Mn.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de glifosato em pós-emergência em diferentes estádios fenológicos da soja RR e, seus efeitos nos teores foliares de nutrientes e produtividade de grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Soja transgênica resistente ao glifosato

A biotecnologia vem se constituindo numa importante ferramenta para o desenvolvimento de novas variedades de plantas e no estudo da genética dos mais diferentes organismos, com intuito de desenvolver variedades para todas as regiões e aumentar suas produtividades.

O fato de o código genético ser o mesmo em todos os seres vivos permite que um gene, parte do DNA que codifica uma proteína, possa ser retirado de um organismo e inserido no DNA de outro e venha a funcionar como se estivesse no organismo original. Avanços na engenharia genética têm resultado na obtenção de plantas tolerantes a certos herbicidas que usualmente não são seletivos (FOLONI et al., 2005). Exemplo clássico é a soja geneticamente modificada com resistência ao herbicida glifosato. A introdução da soja RR trouxe novas oportunidades para o controle de plantas daninhas na cultura da soja, pois a eficiência de controle do glifosato, a facilidade do uso e a flexibilidade na aplicação são características que conferem o seu grande diferencial quando comparado com os herbicidas convencionais.

A enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfatosintase (EPSPs) de todas as plantas, fungos e da maioria das bactérias isoladas e caracterizadas até hoje é inibida pelo glifosato. O glifosato é um potente inibidor submicromolar da enzima EPSPs. As bactérias que superproduzem a EPSPs podem desenvolver-se na presença de concentrações que seriam tóxicas para outros organismos. Assim, a transferência de gene com tolerância ao glifosato, por meio da engenharia genética, a uma planta suscetível confere a esta à tolerância ao glifosato (GRUYS e SIKORSKI, 1999). O DNA da soja RR tem um gene adicional, proveniente de uma bactéria do solo do gênero *Agrobacterium*, que confere resistência ao glifosato e foi incorporado à soja por técnicas de engenharia genética. 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 (SANTOS et al., 2007a).

Na soja RR o glifosato aplicado em pós-emergência terá pouca ou nenhuma metabolização dentro da planta. Depois de absorvido se move rapidamente no tecido vegetal e é translocado até pontos metabólicos como nódulos e raízes onde o glifosato

pode ser eliminado da planta através de exsudatos radiculares (DILL, 2005; KREMER et al., 2005).

Para uso na soja RR, o glifosato utilizado deve possuir registro e cadastro junto aos órgãos competentes. A primeira marca comercial registrada foi Roundup Ready®, cuja formulação corresponde a 480 g do equivalente ácido do glifosato. Seu uso como herbicida pós-emergente em áreas de soja RR pode ser feito em aplicações únicas ou sequenciais. A dose registrada deste produto para aplicação única varia de 1,2 a 2,5 L ha⁻¹, no período de 20 a 45 dias após a emergência da cultura. A aplicação sequencial é especialmente indicada para os casos de área com alta infestação de plantas daninhas, áreas com espécies de germinação desuniforme e para áreas com espécies consideradas de difícil controle. Conforme registro, a primeira dose a ser utilizada deve ser de 1,5 L ha⁻¹ e a segunda dose de 1 L ha⁻¹ (AGROFIT, 2009), no entanto é possível flexibilizar as recomendações quanto à época e dose do produto em função das plantas daninhas presentes na área, desde que a quantidade utilizada não esteja em discordância com o registro.

2.2 Glifosato

Dentre os herbicidas, o glifosato é uma das moléculas mais eficientes já introduzidas no mercado para controle de plantas daninhas e, por isso, seu uso continua em expansão em todas as principais áreas agrícolas do mundo (EMBRAPA, 2008).

O glifosato é um herbicida não-seletivo, possuindo amplo espectro de controle, com ação sobre plantas em diferentes estádios de desenvolvimento sendo muito utilizada em operações de manejo para dessecação de vegetação no sistema de semeadura direta, ou em pós-emergência nas culturas geneticamente resistentes a este herbicida. O mecanismo de ação do glifosato está baseado na sua capacidade de inibir especificamente a enzima EPSPs que catalisa a condensação do ácido chiquimico e do fosfato piruvato, evitando, assim, a síntese de três aminoácidos essenciais – triptofano, fenilalanina e tirosina, levando a planta à morte (JAWORSKI, 1972; ZABLOTOWICZ e REDDY, 2004).

O glifosato é móvel no floema e é rapidamente translocado por todas as partes da planta, mas tende a se acumular nas regiões meristemáticas. A rápida translocação do glifosato das folhas da planta tratada para as raízes, rizomas e meristemas apicais é uma das mais importantes características do glifosato. Esta

propriedade sistêmica resulta no controle efetivo de plantas daninhas perenes, de difícil controle, tais como rizomas de *Sorghum halepense*, *Agropyron repens*, *Cirsium arvense*, *Cyperus* spp., *Cinodon dactylon*, *Imperata cilindrica* (GRUYS e SIKORSKI, 1999).

O glifosato é um herbicida sistêmico e os sintomas fitotóxicos de danos geralmente desenvolvem-se lentamente, com a morte ocorrendo após vários dias e mesmo semanas. Os sintomas comumente observados após a aplicação de glifosato são clorose foliar seguida de necrose. Outros sintomas foliares são: enrugamento ou malformações (especialmente nas áreas de rebrotamento) e necrose de meristema e também de rizomas e estolões de plantas perenes. Devido ao longo tempo requerido, a estabilidade *in vivo* do glifosato é uma importante característica que contribui para seus efeitos fitotóxicos irreversíveis. Nas plantas, o glifosato é muito estável, com pequena degradação detectável ocorrendo em longo período de tempo (GRUYS e SIKORSKI, 1999).

Atualmente estão disponibilizadas no mercado mundial mais de 150 marcas comerciais de glifosato em diversas formulações, que, apesar de apresentarem o mesmo mecanismo de ação, possuem, na composição, diferentes sais, sendo os principais: sal potássico, de isopropilamina e de amônio (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005).

2.3 Manganês

O Mn é o micronutriente mais abundante no solo depois do Fe, podendo ser encontrado em concentrações que chegam a 3000 mg kg⁻¹. O Mn pode existir em vários estados de oxidação, sendo que no solo as principais são Mn²⁺ e Mn³⁺ e está em grande parte (90%) complexado à compostos orgânicos. Sua disponibilidade varia em função do pH, que possivelmente é o fator mais importante, condições de óxido-redução, microrganismos e exsudados de raízes (MALAVOLTA, 2006).

O suprimento de Mn às raízes se faz em maior proporção por difusão e interceptação radicular, exceto em solos muito ricos no elemento em que o fluxo de massa tem participação maior (MALAVOLTA, 2006). Este micronutriente é absorvido pelo sistema radicular na forma divalente (Mn²⁺), provavelmente com gasto de energia metabólica, portanto, ativamente. O transporte do Mn no xilema é via corrente transpiratória, ocorrendo na mesma forma que foi absorvido (Mn²⁺), devido possivelmente, a baixa estabilidade do quelado de Mn (MUKHOPDYAY e SHARMA,

1991). O Mn tem propriedades químicas semelhantes às de metais alcalinos-terrosos, como o Ca^{+2} e o Mg^{+2} , e de metais pesados, Fe^{+2} e Zn^{+2} , por exemplo, e, por isso, esses cátions podem inibir sua absorção e o transporte, porém o Mn inibe a absorção dos mencionados, principalmente a do Fe (MALAVOLTA, 2006).

No solo os teores de Mn acima de 5 mg dm^{-3} (Mehlich 1) são considerados altos (GALRÃO, 2004), no entanto, alguns pesquisadores tiveram pouco sucesso correlacionando níveis de Mn extraível do solo com a absorção e acúmulo deste nutriente pelas plantas (MIYAZAWA et al., 1991; REISENAUER, 1988). Existe dificuldade na interpretação analítica de Mn para fins de fertilidade, devido aos efeitos do preparo da amostra no laboratório na solubilidade do Mn. A umidade do solo, temperatura, teor de matéria orgânica e manuseio das amostras podem ter um impacto sobre os resultados dos teores de Mn (ANDRADE et al., 2005). Esta dificuldade reforça a recomendação do uso da análise de folhas que não está sujeita às variações mencionadas (MALAVOLTA, 2006).

Os sintomas de deficiência de Mn comumente ocorrem em situações de cultivo em solos com baixa fertilidade natural, com a utilização intensiva de técnicas agrícolas, que promovem a retirada crescente de micronutrientes, sem a sua reposição e, em casos onde há aplicação excessiva de calcário, tornando o nutriente pouco solúvel. A utilização intensiva de fosfatos no solo também contribui para a baixa disponibilidade do Mn (MASCARENHAS et al., 1996).

Devido à baixa mobilidade no floema os sintomas de deficiência do Mn são manifestados nos órgãos mais novos. O sintoma típico de deficiência de Mn é a clorose internerval, com posterior amarelecimento das folhas novas. A avaliação do estado nutricional das plantas geralmente é realizada por meio diagnose foliar, considerando-se que a folha recém-madura é o órgão que geralmente mais responde às variações no suprimento do nutriente, quer seja pela adição ou já presente no solo. Nas folhas é o local que ocorrem as principais reações metabólicas, onde as alterações fisiológicas decorrentes de distúrbios nutricionais geralmente se tornam mais evidentes (MALAVOLTA et al., 1997).

A deficiência de Mn pode causar uma perda significativa na produtividade de massa seca e de grãos das plantas, sendo este micronutriente o segundo mais exigido pelas culturas, vindo logo depois do Fe. Entre as funções do Mn estão a ativação de enzimas (Mn^{+2} e Mg^{+2} são intersubstituíveis na ativação de muitas enzimas fosforilativas) e a participação na reação de fotólise da água e na evolução do O_2 no

sistema fotossintético, na formação da molécula de clorofila e na formação, multiplicação e funcionamento dos cloroplastos. Além disso, atua também no metabolismo do nitrogênio e nos compostos cíclicos, como precursor de aminoácidos, hormônios, fenóis e ligninas (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

Dentre os micronutrientes, o Mn apresenta papel de destaque na cultura da soja, sendo esta altamente sensível a sua deficiência (MALAVOLTA, 2006). A soja absorve aproximadamente 130 g de Mn por tonelada de massa seca produzida, sendo que destes, 30 g são exportados da lavoura pelos grãos colhidos (EMBRAPA, 2008). O nível adequado de Mn na cultura da soja no pleno florescimento para o estado do Mato Grosso do Sul é de 28 a 75 mg kg⁻¹ na massa seca das folhas maduras (KURIHARA et al., 2008). Diferentemente do nível crítico, o nível tóxico apresenta grande variação entre as cultivares e condições ambientais, podendo a planta apresentar sintoma de toxidez quando este valor é superior a 150 mg kg⁻¹. Entretanto, este não é um bom indicativo de toxicidade, uma vez que se têm observado boas produções de soja mesmo com teores acima de 200 mg kg⁻¹. Isso ocorre porque a manifestação do sintoma, e mesmo do prejuízo causado, dependem de outros fatores, como temperatura, interações com outros nutrientes e com a biologia da rizosfera (MASCARENHAS et al., 1996).

A discrepância entre a necessidade e o teor de Mn encontrado nos tecidos vegetais indica que, ao contrário da maioria dos nutrientes, sua absorção é pouco regulada pela planta, o que pode levar ao acúmulo de Mn a níveis tóxicos (CLARKSON, 1988).

Na prática da adubação foliar, as soluções de um ou mais nutrientes são aplicados sobre a parte aérea das plantas, atingindo principalmente as folhas. A aplicação foliar de Mn é um manejo efetivo na eliminação da deficiência deste nutriente na soja, porém, pode haver a necessidade de outras aplicações durante o ciclo da cultura, pois o elemento é pouco móvel na planta (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

Na correção da deficiência de Mn na cultura da soja buscando altas produtividades, a aplicação de Mn via foliar é eficiente em manter a produção de massa seca e de grãos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2000; MANN et al., 2001; MANN et al., 2002). Em estudo realizado por Mann et al. (2002), avaliando a influência da aplicação de Mn sobre a produção de grãos de soja, em solo com teor de 3,4 mg dm⁻³, considerado teor médio para este micronutriente, observou-se que a diferença entre a produtividade média da testemunha e a maior produtividade foi verificada nos tratamentos com

parcelamento das doses de 450 e 600 g ha⁻¹ de Mn nos estádios V4 + V8, sendo constatado um aumento na produtividade em relação a testemunha correspondente a 55% e 61%, respectivamente.

2.4 Aplicação de glifosato em soja RR e absorção de Mn

Recentemente por meio de evidências experimentais observou-se que a aplicação de glifosato em soja RR poderia induzir a deficiência de Mn nesta cultura. Segundo Huber (2007) esta deficiência nutricional ocorre devido a efeitos secundários indesejáveis em certos microorganismos da rizosfera, com funções de mobilização dos micronutrientes (particularmente Mn).

A disponibilidade de Mn no solo também pode ser afetada pelo glifosato. Aplicando glifosato em soja RR, Huber (2007) observou que houve redução na população dos organismos redutores e aumento na dos organismos oxidantes de Mn na rizosfera da planta. Este aumento da população de organismos oxidantes favoreceu a transformação do Mn²⁺ (forma ativa, absorvível pelas plantas) em Mn⁴⁺ (forma inativa, não absorvível pelas plantas) causando, como consequência, deficiência de Mn na soja RR.

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 glifosato 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).

O Mn em calda de pulverização é conhecido por inibir a atividade do herbicida glifosato, limitando a absorção e translocação do glifosato em folhas tratados (BERNARDS et al., 2005a). O Ca e micronutrientes catiônicos, como Fe e Mn em mistura na calda de pulverização com o glifosato reduzem a eficácia deste herbicida devido à formação de complexos de glifosato com estes nutrientes (BAILEY et al., 2002; BERNARDS et al., 2005b). Após a absorção de glifosato na planta o transporte de micronutrientes catiônicos podem também ser limitado devido à formação de complexos pouco solúveis com o glifosato dentro do tecido vegetal (BAILEY et al., 2002; EKER et al., 2006).

Segundo Eker et al. (2006), o princípio de que o glifosato reage com o Mn formando complexos insolúveis, se aplicado às alterações dos exsudatos radiculares da

soja RR tratada com glifosato, poderia indicar que há formação de complexos glifosato-Mn também na rizosfera do solo tornando o Mn menos disponível para a absorção vegetal, criando assim uma necessidade de adubação complementar.

O número e a época de aplicações feitas com glifosato na soja RR costumam variar de acordo com as plantas daninhas a serem tratadas e seus respectivos estádios fenológicos. Na cultura da soja RR, é possível que a aplicação do glifosato como pós-emergente seja realizada na mesma época em que é recomendada a aplicação foliar de Mn, gerando a possibilidade da aplicação conjunta. A aplicação simultânea de herbicidas e outros agroquímicos é uma prática comum destinado a reduzir os custos de produção, bem como pela redução da compactação do solo devido ao menor número de passadas do trator na lavoura. Apesar de prática comum entre os agricultores, sabe-se que todas as associações de defensivos agrícolas podem ou não acarretar interações aditivas, sinérgicas ou antagônicas (NASH, 1968).

Em estudo objetivando avaliar os efeitos de diversas formulações de Mn misturados na calda de pulverização com o glifosato sobre a taxa de eficiência do glifosato no controle de plantas daninhas BERNARDS et al. (2005a e b) concluíram que o sulfato de Mn quelato com etilenoaminoacetato (Mn-EAA), sulfato de Mn quelato com lignosulfonato (Mn-LS) e sulfato de Mn monohidratado (MnSO_4) reduziram a eficácia do glifosato no controle de plantas daninhas em bioensaios em casa de vegetação e campo, enquanto o sulfato de Mn quelatizado com etilenodiaminotetraacético (Mn-EDTA) não influenciou a eficiência do glifosato. A função básica da quelatização é proteger os nutrientes catiônicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+}) para que estes fiquem menos sujeitos às reações de precipitação ou de insolubilização e mantenham-se disponíveis às plantas, podendo ser absorvidos e translocados de forma eficiente pelas folhas ou pelas raízes das mesmas. Como os quelados são solúveis, os nutrientes quando quelatizados formam complexos também solúveis e continuam disponíveis para as plantas. O metal e o agente quelatizante entram juntos pelas folhas das plantas sendo transportados até os demais órgãos.

Com relação às possíveis influências negativas do glifosato sobre a soja transgênica, resistente a esse herbicida, é possível também atribuir à causa a adjuvantes e surfactantes presentes nas diversas formulações existentes ou ao tipo de sal presente (PLINE et al., 1999; REDDY e ZABLOTOWICZ, 2003). Entre as diferentes formulações de glifosato, existe variação na penetração e na translocação deste

herbicida absorvido pelas plantas de soja RR (SANTOS et al., 2007b). Stock e Holloway (1993), afirmaram que os surfactantes presentes no glifosato, além de melhorarem a deposição e retenção do herbicida, podem penetrar na cutícula, às vezes rapidamente, para atingir outros lugares de ação, como a membrana celular, aumentando sua permeabilidade em baixas concentrações ou danificando-a em maiores concentrações, podendo ocasionar sintomas de fitotoxicidade. Riechers et al. (1994) observaram que a eficácia dos surfactantes para incrementar a absorção do glifosato depende da habilidade de se difundir através da cutícula para chegar ao apoplasto e atuar diretamente na membrana celular com a proteína ou com os lipídeos, aumentando sua permeabilidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no município de Rio Brillhante – MS durante a safra 2007/2008, 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.

O clima da região é do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen (mesotérmico úmido, com verão chuvoso) (AYOADE, 1986). As precipitações pluviárias e temperatura média durante o ciclo da cultura da soja são apresentadas na Figura 1.

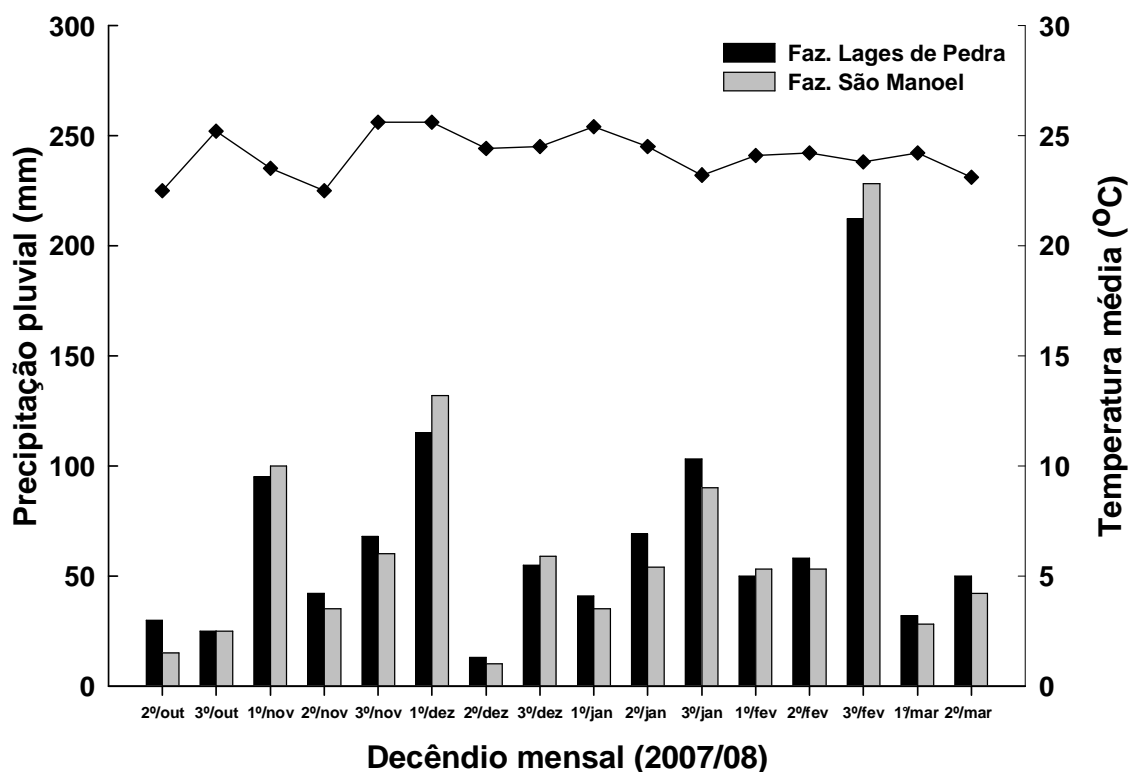


FIGURA 1. Precipitação pluviométrica total em cada decêndio na área experimental, no período de outubro de 2007 a março de 2008.

Foram coletadas amostras de solos na profundidade de 0 – 20 cm nas duas áreas para as análises dos atributos físicos e químicos que foram realizadas no laboratório de solos da UFGD, Dourados – MS (CLAESSEN, 1997). Os solos foram

classificados como Latossolo Vermelho Distroférico e apresentaram as características conforme o Quadro 1.

QUADRO 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 ₂)	4,9	5,5
MO (g dm ⁻³)	19,8	32,2
P Mehlich I (mg dm ⁻³)	12,0	8,0
K (cmol _c dm ⁻³)	0,4	0,3
Ca (cmol _c dm ⁻³)	3,2	4,4
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,6	2,2
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,3	3,8
SB (cmol _c dm ⁻³)	5,1	6,8
T (cmol _c dm ⁻³)	10,4	10,6
V (%)	49	64
Fe Mehlich I (mg dm ⁻³)	60,6	94,7
Mn Mehlich I (mg dm ⁻³)	29,90	73,80
Zn Mehlich I (mg dm ⁻³)	2,9	3,1
Cu Mehlich I (mg dm ⁻³)	13,8	13,0
Argila (g kg ⁻¹)	504	687
Silte (g kg ⁻¹)	132	215
Areia (g kg ⁻¹)	364	98

O delineamento experimental utilizado nas duas propriedades foi em blocos casualizados, com seis repetições na Faz. Lages de Pedra, e quatro repetições na Faz. São Manoel. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 3 x 8, e consistiram da combinação de três tratamentos com aplicação com glifosato e oito tratamentos com aplicação foliar de Mn, variando doses e épocas (Quadro 2).

Os três tratamentos com glifosato foram:

- G 0: Sem aplicação de glifosato como pós-emergente na soja RR;
- G 1: Aplicação de 720 g i.a. de glifosato aplicado no estágio fenológico da soja V2 + 480 g i.a. em V4 (escala de FEHR e CAVINESS, 1977);
- G 2: Aplicação de 1.200 g i.a. de glifosato no estágio V4 da soja RR.

Os oito tratamentos com aplicação foliar de Mn foram:

- Mn 0: sem aplicação foliar com Mn;
- Mn 1: Aplicação de Mn no estágio fenológico da soja V4;

- Mn 2: Aplicação de Mn em V4 + V8;
- Mn 3: Aplicação de Mn em V4 + R2;
- Mn 4: Aplicação de Mn em V4 + V8 + R2;
- Mn 5: Aplicação de Mn em V8;
- Mn 6: Aplicação de Mn em V8 + R2;
- Mn 7: Aplicação de Mn no estágio fenológico R2 da soja RR.

Em cada aplicação de Mn foi pulverizado via foliar 332 g ha⁻¹ de Mn.

QUADRO 2. Quantidade de glifosato e Mn aplicados nos tratamentos e suas respectivas épocas de aplicação

Glifosato (g i.a. ha ⁻¹) ¹	Estádio da soja	Mn (g ha ⁻¹) ¹	Estádio da soja	Total de glifosato (g i.a. ha ⁻¹)	Total de Mn (g ha ⁻¹)
0	-	0	-	0	0
0	-	332	V4	0	332
0	-	332 + 332	V4 + V8	0	664
0	-	332 + 332	V4 + R2	0	664
0	-	332 + 332 + 332	V4 + V8 + R2	0	996
0	-	332	V8	0	332
0	-	332 + 332	V8 + R2	0	664
0	-	332	R2	0	332
720 + 480	V2 + V4	0	-	1200	0
720 + 480	V2 + V4	332	V4	1200	332
720 + 480	V2 + V4	332 + 332	V4 + V8	1200	664
720 + 480	V2 + V4	332 + 332	V4 + R2	1200	664
720 + 480	V2 + V4	332 + 332 + 332	V4 + V8 + R2	1200	996
720 + 480	V2 + V4	332	V8	1200	332
720 + 480	V2 + V4	332 + 332	V8 + R2	1200	664
720 + 480	V2 + V4	332	R2	1200	332
1200	V4	0	-	1200	0
1200	V4	332	V4	1200	332
1200	V4	332 + 332	V4 + V8	1200	664
1200	V4	332 + 332	V4 + R2	1200	664
1200	V4	332 + 332 + 332	V4 + V8 + R2	1200	996
1200	V4	332	V8	1200	332
1200	V4	332 + 332	V8 + R2	1200	664
1200	V4	332	R2	1200	332

¹ Quantidade de glifosato e Mn aplicada nos tratamentos.

O herbicida glifosato utilizado foi Roundup Ready®, cuja formulação corresponde a 648 g do sal de isopropilamina de glifosato ou 480 g de equivalente ácido do glifosato. 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 $1,328 \text{ g cm}^{-3}$.

Em ambos os locais a semeadura foi realizada no sistema de semeadura direta sob palhada de milho. As áreas vinham sendo cultivadas a mais de oito anos com sucessão soja – milho safrinha. A dessecação foi realizada em toda a área com a aplicação de glifosato e 2,4-D para o controle das plantas daninhas.

As parcelas foram constituídas de cinco linhas espaçadas 0,45 m entre si e seis metros de comprimento, perfazendo $13,5 \text{ m}^2$ por parcela. Como área útil foi considerada as três linhas centrais, desprezando-se um metro de cada lado no comprimento, totalizando $5,4 \text{ m}^2$ por parcela.

Neste estudo foram utilizadas as variedades transgênicas Charrua RR e BRS 245 RR, ambas com grupo de maturação semi-precoce e com base genética da variedade convencional BRS 133. Estas variedades são cultivadas em áreas expressivas na região.

A semeadura do experimento na Fazenda Lages de Pedra ocorreu no dia 26.10.2007 utilizando-se sementes da variedade Charrua RR tratadas com fungicida (fludioxonil + metalaxil-M), inseticida (thiametoxan), micronutrientes (cobalto e molibdênio) e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. Na semeadura utilizou-se como adubação 300 kg ha^{-1} da fórmula 02-20-20, de acordo com a prática da propriedade rural. O controle de pragas foi realizado mediante a aplicação dos inseticidas metomil, endossulfan, teflubenzurom e metamidofós.

A semeadura do experimento na Fazenda São Manoel ocorreu no dia 18.11.2007 utilizando-se sementes da variedade BRS 245 RR, tratadas com fungicida, inseticida, micronutrientes e inoculadas conforme descrito anteriormente. Na semeadura utilizou-se como adubação 300 kg ha^{-1} da fórmula 02-20-20. O controle de pragas foi realizado mediante a aplicação dos inseticidas lambda-cialotrina, lufenuron e metamidofós. Foram aplicados de forma preventiva os fungicidas carbendazim e o produto formulado a base de azoxistrobina + ciproconazol em ambas as variedades.

Nos dois locais as plantas daninhas foram controladas através de capina manual na testemunha e nas parcelas onde foi necessário.

As pulverizações foliares dos tratamentos foram realizadas sempre com temperatura inferior a 30°C e umidade relativa do ar acima de 60 %, no período da manhã, com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado com gás carbônico (CO_2), para obtenção de vazão constante de 140 L ha^{-1} de calda.

Para a avaliação dos teores foliares de nutrientes, em R2, ou seja, no florescimento pleno da cultura (respeitando-se o intervalo de 7 dias entre a última aplicação de Mn e a coleta das folhas) foram feitas amostragens de folhas, coletando-se o terceiro trifólio com pecíolo a partir do ápice das plantas, em número de vinte por parcela. Estas amostras foram lavadas em água deionizada, colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$, até atingir massa constante, e moídas. Determinou-se os teores foliares de K (fotometria de chama), P (colorimetria, pelo método do complexo fosfomolibdico, reduzido com vitamina C, modificado por Braga e Defelipo, 1974), Cu, Fe, Mn e Zn (espectrofotometria de absorção atômica) (Malavolta et al., 1997), após digestão nítrico-perclórica, e de N, pelo método Kjeldahl, descritos por Bataglia et al. (1983).

Para avaliação da produtividade e massa de 100 grãos, colheu-se manualmente a área útil de cada parcela. As plantas colhidas foram acondicionadas em sacos de polipropileno e trilhadas em máquina trilhadeira estacionária. A pesagem dos grãos foi realizada em balança de precisão com uma casa decimal, com os valores expressos em gramas. Os dados da produtividade foram transformados em kg ha^{-1} , com correção para teor de umidade de 13 %. Após a medida de produtividade de cada parcela foi efetuada a contagem de cinco amostras de 100 grãos por parcela, sendo a massa de 100 grãos determinada pela média das cinco amostras. As amostras foram pesadas em balança de precisão com três casas decimais.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e ao constatar diferença significativa, aplicou-se o teste de Skott Knott a 5% de significância. As análises estatísticas e gráficos foram realizadas com auxílio do aplicativo computacional SAEG 9.1 (RIBEIRO JUNIOR, 2001) e Sigma Plot 9.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as características avaliadas, a interação tratamentos com aplicação de glifosato x tratamentos com adubação foliar de Mn não foi significativa, indicando que os fatores comportaram-se 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. Quanto ao glifosato, 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 (Quadros 3, 4, 5 e 6).

Não foi observado, em nenhum momento do crescimento e desenvolvimento da cultura, sintomas visuais de fitotoxicidade na soja RR oriundos da aplicação de glifosato. Esta observação corrobora com os resultados obtidos por Correia e Durigan (2007), que estudando o efeito de oito herbicidas à base de glifosato, 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. Todavia, Prostko et al. (2003), estudando as respostas da soja (variedade Hartz 7550 RR) à aplicação de glifosato, diflubenzuron e Bo observaram fitotoxicidade nas folhas de soja decorrente da aplicação do glifosato em um dos locais onde foi desenvolvida a pesquisa, porém, 21 dias após a aplicação deste herbicida as plantas de soja haviam se recuperado desta injúria, não ocorrendo prejuízos na produtividade de grãos. Foloni et al. (2005), verificaram leve efeito tóxico do glifosato Roundup Ready® na variedade Soy 8888-RR, sem prejuízos na produtividade de grãos da soja. Santos et al. (2007a), por meio da avaliação visual de sintomas de intoxicação na variedade CD 219 RR, observaram sintomas de fitotoxidez variáveis em função das formulações do glifosato aplicado como pós-emergente. 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.

QUADRO 3. Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Mn, Fe, Zn e Cu em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja e tratamentos com aplicação foliar de Mn, na Fazenda Lages de Pedra

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
Glifosato	2	5,321 ^{ns}	0,042 ^{ns}	59,554 ^{ns}	1.072,582 ^{ns}	58,211 ^{ns}	9,326 ^{ns}	0,205 ^{ns}
Manganês	7	6,747 ^{ns}	0,045 ^{ns}	147,835 ^{ns}	43.436,43*	1.494,940*	22,2010 ^{ns}	0,546 ^{ns}
Glifosato*Manganês	14	7,596 ^{ns}	0,048 ^{ns}	122,566 ^{ns}	1.023,805 ^{ns}	440,086 ^{ns}	8,343 ^{ns}	0,276 ^{ns}
Resíduo	115	8,697	0,053	115,689	669,939	629,129	11,093	0,350
CV (%)		9,44	56,82	20,30	15,85	18,34	9,30	8,75
Média geral		31,23	0,40	53,00	163,33	136,80	35,80	6,76

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo.

QUADRO 4. Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Mn, Fe, Zn e Cu em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja e tratamentos com aplicação foliar de Mn, na Fazenda São Manoel

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio						
		N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
Glifosato	2	16,481 ^{ns}	0,033 ^{ns}	20,362 ^{ns}	33,164 ^{ns}	140,130 ^{ns}	33,620 ^{ns}	0,449 ^{ns}
Manganês	7	1,630 ^{ns}	0,049 ^{ns}	94,153 ^{ns}	9.553,577*	9,090 ^{ns}	23,829 ^{ns}	0,183 ^{ns}
Glifosato*Manganês	14	710,233 ^{ns}	0,033 ^{ns}	116,594 ^{ns}	151,197 ^{ns}	33,677 ^{ns}	20,652 ^{ns}	0,184 ^{ns}
Resíduo	69	9,844	0,038	63,934	101,219	46,292	19,667	0,340
CV (%)		9,82	63,32	18,27	12,28	13,09	16,32	9,76
Média geral		31,96	0,31	43,76	81,95	51,98	21,18	5,97

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo.

QUADRO 5. Resumo da análise de variância para massa de 100 grãos e produtividade em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja e de tratamentos com aplicação foliar de Mn, na Fazenda Lages de Pedra

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Glifosato	2	0,4593 ^{ns}	8.301,329 ^{ns}
Manganês	7	0,4012 ^{ns}	25.937,17 ^{ns}
Glifosato*Manganês	14	0,2654 ^{ns}	10.803,18 ^{ns}
Resíduo	115	0,2435	21.489,37
CV (%)		3,62	8,16
Média geral		13,62	3.329

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo.

QUADRO 6. Resumo da análise de variância para massa de 100 grãos e produtividade em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja e de tratamentos com aplicação foliar de Mn, na Fazenda São Manoel

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	
		Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Glifosato	2	0,0133 ^{ns}	53.652,33 ^{ns}
Manganês	7	0,2622 ^{ns}	14.710,98 ^{ns}
Glifosato*Manganês	14	0,0879 ^{ns}	26.530,04 ^{ns}
Resíduo	115	0,2015	49.970,04
CV (%)		3,46	13,63
Média geral		12,97	3.037

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo.

Dvoranen et al. (2008) estudando os efeitos causados pela aplicação dos herbicidas glifosato, fluazifop-p-butyl e fomesafen sobre a nodulação e o acúmulo de biomassa em soja RR, constataram que a variedade BRS 245 RR mostrou-se mais tolerante do que a variedade BRS 247 RR às aplicações destes herbicidas. Portanto, é possível que a fitotoxicidade observada em soja RR decorrente da aplicação de glifosato, notada em algumas regiões, seja devido aos diferentes compostos utilizados na fabricação das diversas formulações existentes de glifosato, aliado a cultivares de soja RR mais sensíveis a estes compostos.

O teor foliar de Mn, tanto na testemunha quanto nos demais tratamentos, com aplicação de glifosato e Mn permaneceram acima da faixa considerada crítica para a soja, que fica abaixo de 20 mg kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997). O teor foliar médio de Mn observado na BRS 245 RR na Faz. São Manoel (81,95 mg kg⁻¹) foi 49,3 % inferior ao da Charrua RR na Faz. Lages de Pedra (163,33 mg kg⁻¹). Segundo Lavres Junior et al. (2008) a variação existente na absorção de Mn por diferentes cultivares se deve à diferenças genotípicas quanto a 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⁻¹) e matéria orgânica do solo (32,2 g dm⁻³) em relação ao solo da Faz Lages de Pedra (504 g kg⁻¹ e 19,8 g dm⁻³ respectivamente) (Quadro 1), isto provavelmente influenciou para maior retenção de Mn no solo e, conseqüentemente, menor disponibilidade para absorção. Solos arenosos são, naturalmente, mais pobres em micronutrientes e além da pobreza química dos materiais desses solos mais grosseiros, 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 et al., 2001). É importante ressaltar que o Mn disponível as plantas é altamente influenciado pelo pH do solo. Sob condições de solo ácido, a disponibilidade é alta devido à maior solubilidade dos compostos que o contém (MALAVOLTA, 2006). 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.

Para o teor foliar de Mn na fase de florescimento da cultura, não se constatou diferença estatística para o efeito do glifosato sobre este micronutriente, sendo que o Mn foi influenciado somente pela época e quantidade de Mn aplicado (Quadros 3 e 4). Em diversos estudos realizados no campo não foram constatados efeitos do glifosato aplicado em pós-emergência da soja RR sobre a concentração de Mn nos tecidos desta cultura (SANTOS et al., 2007a; LOECKER, 2008). Em experimento em casa de vegetação, Bott et al. (2008) não detectaram diferença na concentração de Mn nas folhas de soja tratadas ou não com glifosato na variedade BRS Valiosa RR. Entretanto, quando o experimento foi desenvolvido em solução nutritiva, à aplicação de glifosato diminuiu a concentração total de Mn nas folhas de soja em condições de suficiência de Mn. Estes autores concluíram que a aplicação de glifosato pode ter efeitos secundários negativos sobre os teores de micronutrientes sob algumas

condições, mesmo em transgênico, resistente ao glifosato. Segundo estes autores, a expressão diferencial destes efeitos em diferentes sistemas de cultivo (hidroponia e cultivo em solo) e em diferentes solos sugere uma forte relação com as condições de crescimento das plantas e os fatores ambientais.

De forma semelhante, os teores dos macronutrientes N, P e K, e dos micronutrientes Zn, Cu e Fe não foram alterados por ocasião da aplicação do glifosato nas duas áreas onde foram implantados os experimentos (Figura 2), resultados que condizem com os obtidos por Santos et al. (2007a) para os nutrientes P, K, Zn e Mn. Todavia estes autores observaram uma tendência de diminuição dos teores de N, Fe e Cu quando as plantas de soja foram tratadas com glifosato.

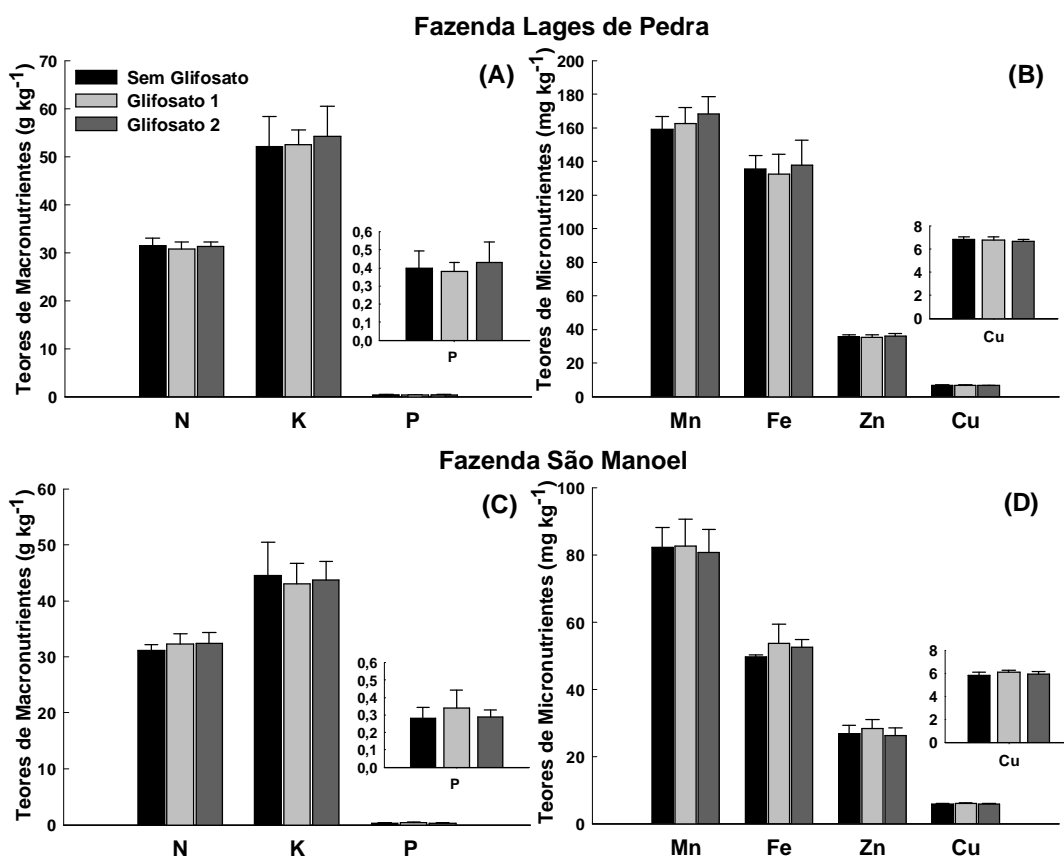


FIGURA 2. Teores foliares de N, P, K e micronutrientes catiônicos em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel. Legenda: Sem glifosato: Sem aplicação de glifosato. Glifosato 1: Aplicação de 780 g i.a. (V2) + 480 g i.a. de glifosato (V4). Glifosato 2: Aplicação de 1.200 g i.a. de glifosato (V4).

Os tratamentos com aplicação foliar de Mn não influenciaram os teores foliares de N, P, K, Zn e Cu por ocasião do florescimento das plantas de soja (Figuras 3 e 4).

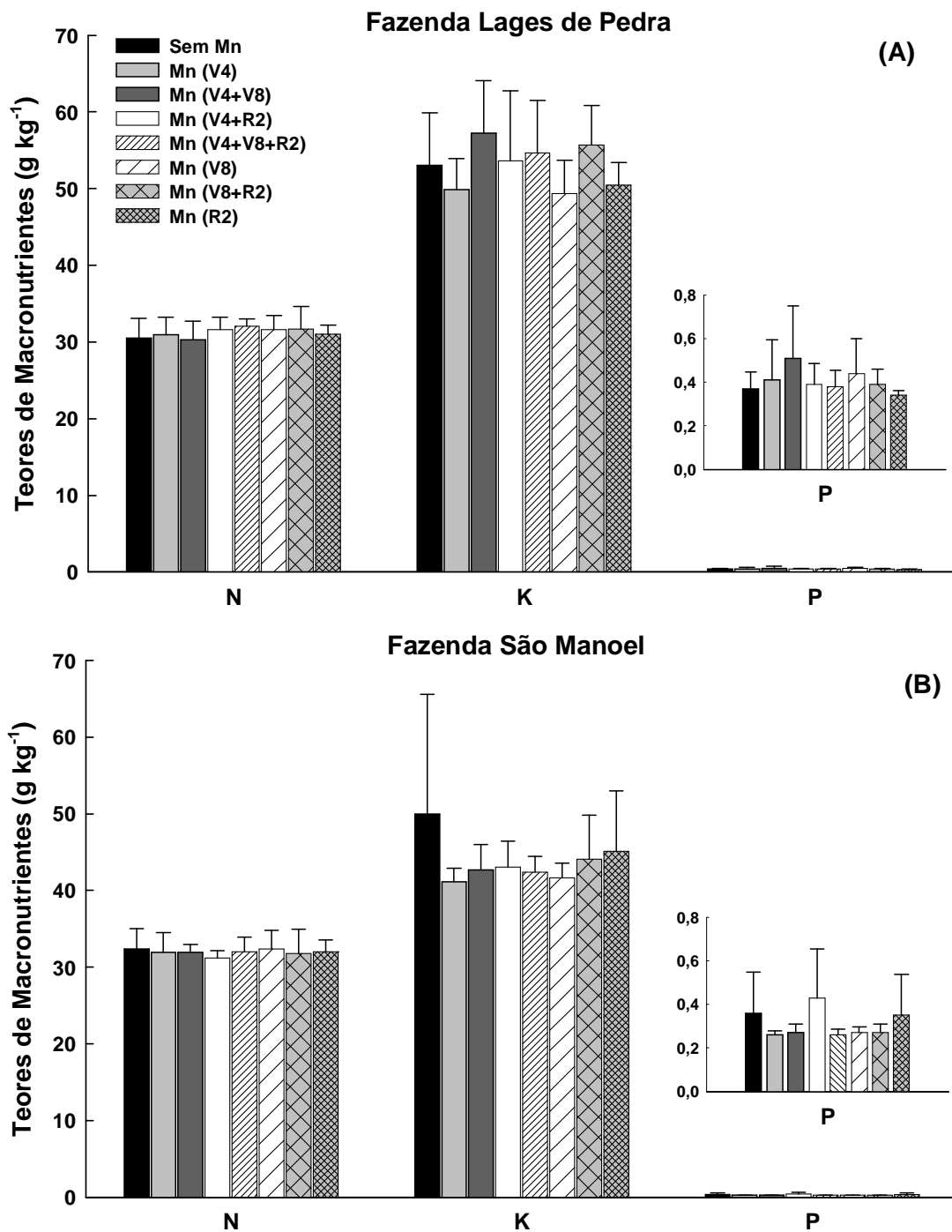


FIGURA 3. Teores foliares de N, P e K em resposta a tratamentos com aplicação foliar de Mn, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel.

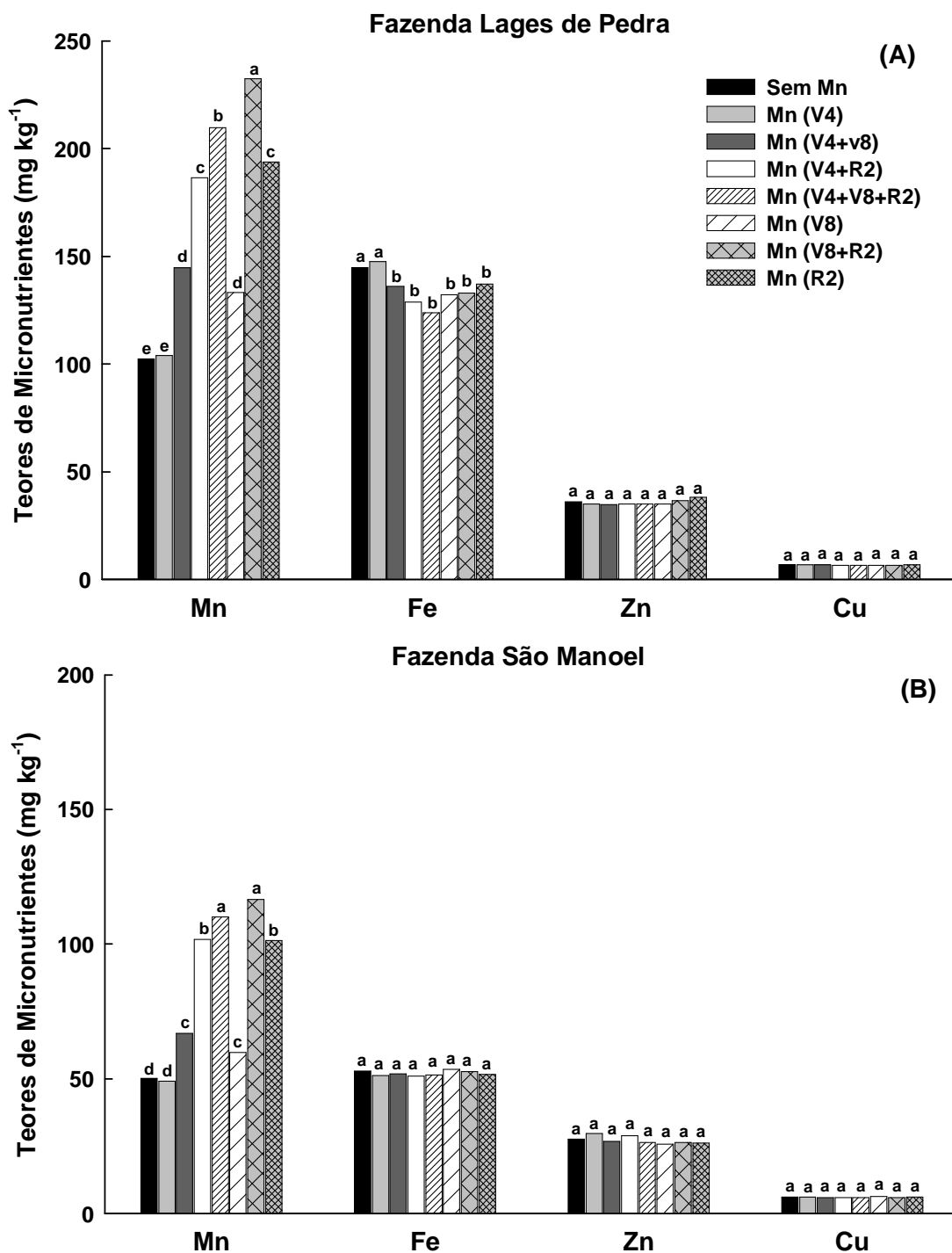


FIGURA 4. Teor foliar de micronutrientes catiônicos em resposta a tratamentos com aplicação foliar de Mn, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5%.

Para os dois locais onde foram implantados os experimentos houve resposta similar do teor foliar de Mn em relação à aplicação deste micronutriente (Figura 4). 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 + R2 da soja RR, chegando a atingir valores 225 % superiores ao da testemunha em ambas as áreas (Figura 4). No entanto, quando o Mn foi aplicado somente em V8 esse efeito não foi tão discrepante, ou seja, apesar do aumento no teor foliar de Mn, esse incremento foi muito inferior, cerca de 30,3 % e 19,1 % maior em relação ao tratamento sem a adubação foliar nas Faz. Lages de Pedra e São Manoel, respectivamente.

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 4). Isto se deve, possivelmente, devido a 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 metabolizado pela planta.

O teor de Fe foi influenciado pela adubação foliar de Mn somente na Faz. Lages de Pedra (Figura 4A). A aplicação de Mn no estádio 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 4A). Portanto, nos 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 que corrobora com os dados obtidos por Oliveira Junior et al. (2000).

O teor de Fe na Faz. São Manoel não foi influenciado pela aplicação de Mn (Figura 4B). 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 influenciadas pela aplicação foliar de Mn ou pela aplicação de glifosato em pós-emergência da cultura (Figuras 5 e 6). Bailey et al. (2002) estudando a interação de glifosato com Mn em mistura na calda de pulverização, não observaram influência da aplicação de glifosato ou de Mn, sobre a produtividade de grãos na cultivar Asgrow 5401 RR. Foloni et al. (2005) não detectaram efeito do glifosato aplicado em pós-

emergência, tanto em uma única aplicação como em aplicações sequenciais, na produtividade de grãos da cultura da soja na variedade Soy 8888-RR. No presente estudo não foi possível identificar nenhum fator relacionado com o glifosato 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.

A média geral das produtividades de grãos desta pesquisa nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel, 3.329 e 3.037 kg ha⁻¹ respectivamente, foram superiores à média de produtividade de soja do MS (2.639 kg ha⁻¹) e a média nacional (2.816 kg ha⁻¹) no mesmo ano agrícola (CONAB, 2009).

Nas condições destes experimentos, os possíveis prejuízos da aplicação de glifosato em soja RR à absorção e acúmulo de Mn não se manifestaram. É possível que mesmo que o glifosato possa interferir na absorção de Mn, esse efeito deletério não tenha se manifestado devido ao alto teor desse micronutriente em solos desta região. Além disso, Santos et al. (2007a), observaram efeito variável do glifosato sobre o desenvolvimento da soja, tolerante a esse produto, 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 tolerantes ao glifosato, quando comparado com o Roundup Ready® (glifosato utilizado nesta pesquisa) à base do mesmo sal e Zapp Qi®, à base do sal potássico.

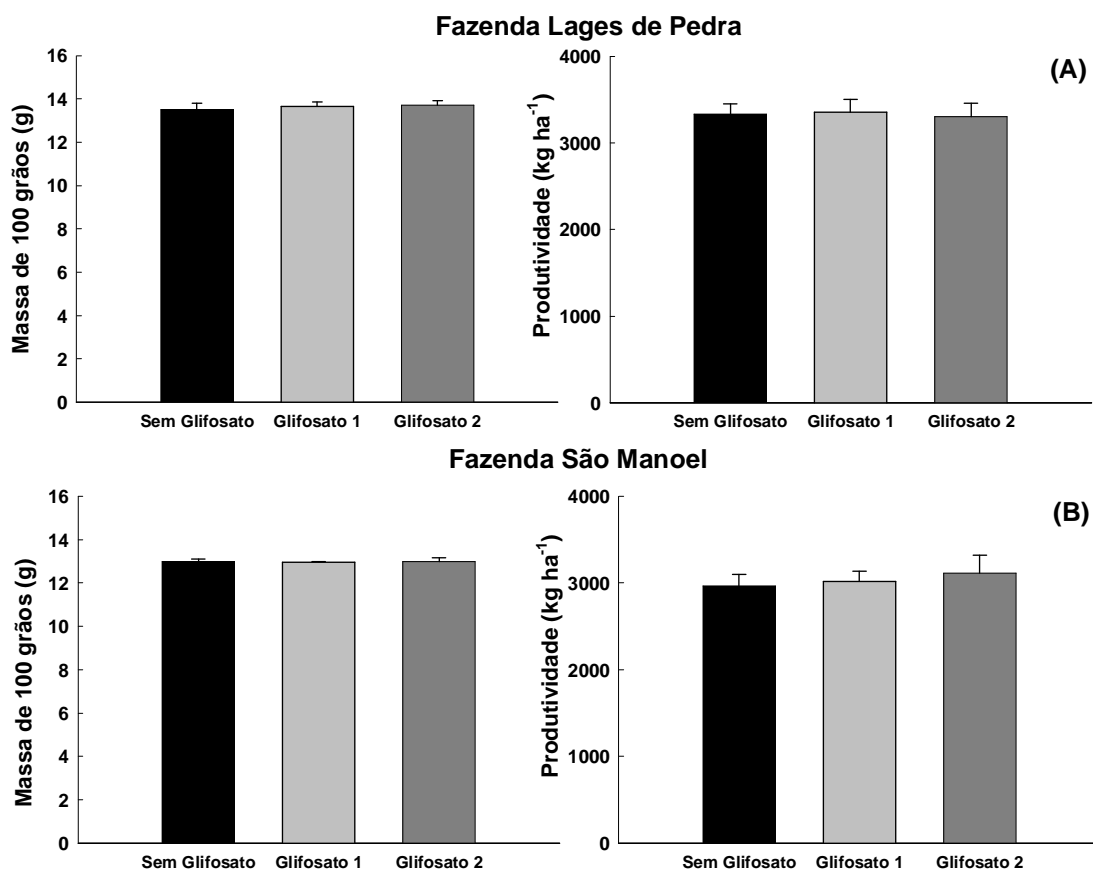


FIGURA 5. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja em resposta a tratamentos com aplicação de glifosato em pós-emergência da soja, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel. Legenda: ¹Sem aplicação de glifosato. ²Aplicação de 780 g i.a. (V2) + 480 g i.a. de glifosato (V4). ³Aplicação de 1.200 g i.a. de glifosato (V4).

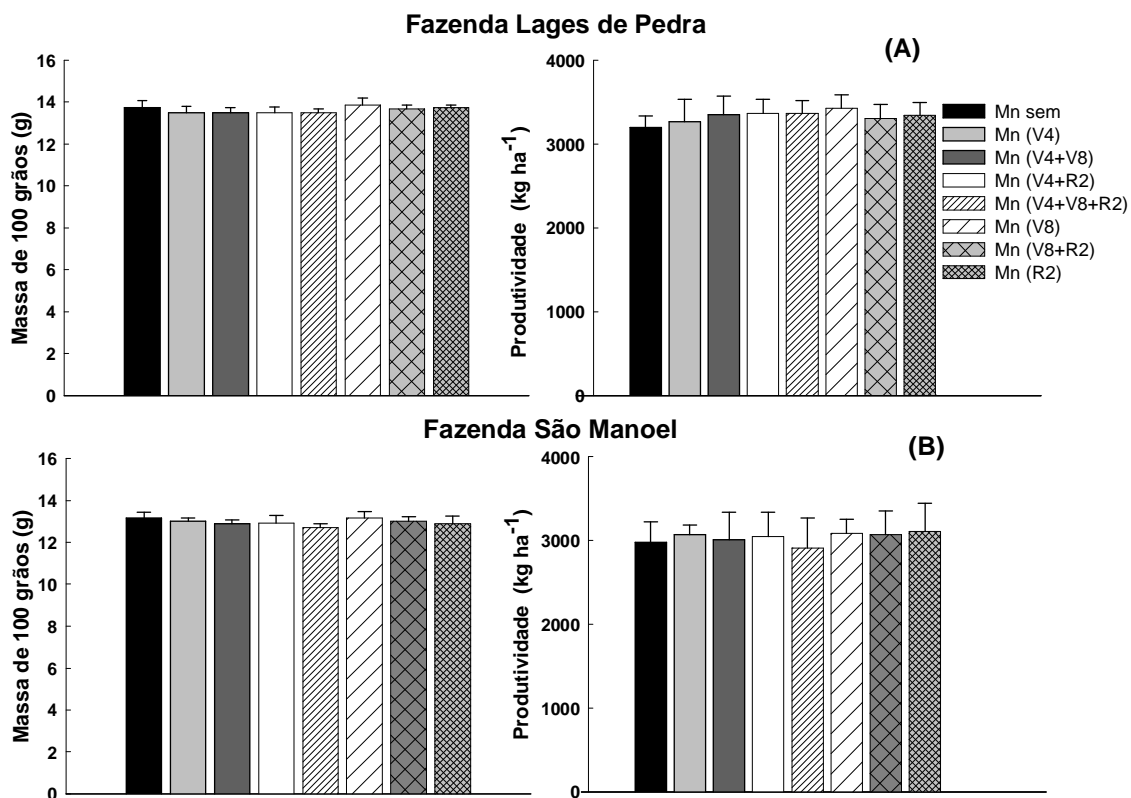


FIGURA 6. Massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja em resposta a tratamentos com aplicação foliar de Mn, nas Fazendas Lages de Pedra e São Manoel.

5 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi desenvolvido este trabalho, pode-se concluir que:

- A aplicação de glifosato em soja transgênica não teve efeito nos teores foliar de nutrientes.
- A produtividade de grãos não foi influenciada pela aplicação de glifosato ou pela aplicação foliar de Mn.
- A aplicação foliar de Mn influenciou apenas os teores foliares de Mn e Fe.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 16 de abril de 2009.

ANDRADE, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. Re-evaluation of manganese solubility as affected by soil sample preparation in the laboratory. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 4, p. 643-646, 2005.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: DIFEL. 1986. 332 p.

BAILEY, W. A.; POSTON, D. H.; WILSON, H. P.; HINES, T. E. Glyphosate interactions with manganese. **Weed Technology**, v. 16, n. 4, p. 792-799, 2002.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78)

BERNARDS, M. L.; THELEN, K. D.; PENNER, D.; MUTHUKUMARAN, R. B.; McCracken, J. L. Glyphosate interaction with manganese in tank mixtures and its effect on glyphosate absorption and translocation. **Weed Science**, v. 53, n. 6, p. 787-794, 2005a.

BERNARDS, M. L.; THELEN, K. D.; PENNER, D. Glyphosate Efficacy is Antagonized by Manganese. **Weed Technology**, v. 19, n. 1, p. 27-34, 2005b.

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., eds. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. 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 Soil**, v. 312, n. 1-2, p. 185-194, 2008.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, n. 113. p. 73-85, 1974.

CLASSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de Métodos e análises de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

CLARKSON, D. T. The uptake and translocation of manganese by plant roots. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Eds). **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 101-111.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: quarto levantamento de grãos, janeiro/2009. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, 2009. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3graos_08.09.pdf. Acesso em 31 de janeiro de 2009.

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.

DILL, G. Glyphosate-resistant crops: history, status, and future. **Pest Management Science**. v. 61, n. 3, p. 219-224, 2005.

DVORANEN, E. C.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S. D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.

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**, v. 54, n. 26, p. 10019-10025, 2006.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2009 e 2010**. Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste. Londrina, 2008. 262 p. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/Tecnol2009.pdf>. Acesso em 22 de fevereiro de 2009.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stage of soybeans development**. Ames: Iowa State University, 1997. 12p. (Special Report, 80.).

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**, v. 4, n. 3, p. 47-58, 2005.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. – Brasília, DF: **EMBRAPA Informação Tecnológica**, 2004. 416 p.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine, and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. (Ed.). **Plant amino acids - biochemistry and biotechnology**. Marcel Dekker, Inc., p. 357-365, 1999.

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.

JAMES, C. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007. **ISAAA Brief**. n. 37. ISAAA: Ithaca, NY, 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 janeiro de 2009.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 20, n. 6, p. 1195-1198, 1972.

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**, v. 32, n. 1. p. 173-181, 2008.

LOECKER, J. L. **Manganese response and nutrient uptake in conventional and glyphosate-resistant soybean**. 2008. 130 p. A Thesis (Master of Science) – Kansas State University, Manhattan – Kansas.

KREMER, R. J.; MEANS, N. E.; KIM, K. S. Glyphosate affects soybean root exudation and rhizosphere microorganisms. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**. v. 85, n. 15, p. 1165-1174, 2005.

KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A.; MAEDA, S. Faixas de suficiência de nutrientes em folhas de soja, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30., 2008, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja. Documentos, 304).

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Livroceres, 2006. 638 p.

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

MANN, E. N.; REZENDE, P. M.; CARVALHO, J. G.; CORRÊA, J. B. D. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas na cultura da soja [*Glycine max* (L.) MERRILL]. **Ciência Agrotécnica**, v. 25, n. 2, p. 264-273, 2001.

MANN, E. N.; RESENDE, P. M.; MANN, R. S.; CARVALHO, J. G.; Von PINHO, E. V. R. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, 2002.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; AMBROSANO, G. M. B.; CARMELLO, Q. A. C. Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja. **Scientia Agricola**, v. 53, n. 1, p. 164-171, 1996.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. M.; MARTIN NETO, L.; ARAUJO, A. R. Efeito da temperatura de secagem do solo e extratores na solubilidade do manganês. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 15, n. 2. p. 225-227, 1991.

MUKHOPADHYAY, M.J. e SHARMA, A. Manganese in cell metabolism of higher plants. **The Botanical Review**, v. 57, n. 2 p. 117-149, 1991.

NASH, R. G. Synergistic phytotoxicities of herbicideinsecticide combination in soil. **Weed Science**, v. 16, n. 1. p. 74-77, 1968.

OLIVEIRA JUNIOR, J. A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Efeito do manganês sobre a soja cultivada em solo de cerrado do triângulo mineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.8, p. 1629-1636, 2000.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; DVORANEN, E. C.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S. D.; FRANCHINI, L. H. M.; RIOS, F. A.; BLAINSKI, E. Influência do glyphosate sobre a nodulação e o crescimento de cultivares de soja resistente ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 831-843, 2008.

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**, v. 117, n. 4, p. 899-906, 2008.

PLINE, W. A.; WU, J.; HATZIOS, K. K. Effects of temperature and chemicals additives on the response of transgenic herbicide-soybeans to glufosinate and glyphosate applications. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 65, n. 2, p. 119-131, 1999.

PROSTKO, E. P.; NORSWORTHY, J. K.; RAYMER, P. A. Soybean (*Glycine max*) Response to Glyphosate, Diflufenzuron, and Boron Combinations. **Weed Technology**, v. 17, n. 1. p. 186-189, 2003.

REDDY, K. N.; 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.

REISENAUER, H. M. Determination of plant available soil manganese. In GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Eds) **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1988. p. 87-98.

RIBEIRO JUNIO, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

RIECHERS, D. E.; WAX, L. M.; LIEBL, R. A.; BUSH, D. R. Surfactant-increased glyphosate uptake into plasma membrane vesicles isolated from common lambsquarters leaves. **Plant Physiology**, v. 105, n. 4, p. 1419-1425, 1994.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: Grafmarke, 2005. 591 p.

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**, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007a.

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E. A.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, A. A.; FIALHO, C. M. T. Efeito de formulações na absorção e translocação do glyphosate em soja transgênica. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 381-388, 2007b.

STOCK, D.; HOLLOWAY, P. J. Possible mechanism for surfactant – induced foliar uptake of agrochemicals. **Pesticide Science**, v. 38, n. 2-3, p. 165-177, 1993.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate and *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, n. 3. p. 825-831, 2004.