

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**GLIFOSATO E MANGANÊS NA CULTURA DA SOJA TRANSGÊNICA:
FISIOLOGIA E NUTRIÇÃO DE PLANTA, CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS E ANÁLISE ECONÔMICA**

ALEXANDRE CAETANO PEROZINI

Ilha Solteira
2016

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**GLIFOSATO E MANGANÊS NA CULTURA DA SOJA TRANSGÊNICA:
FISIOLOGIA E NUTRIÇÃO DE PLANTA, CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS E ANÁLISE ECONÔMICA**

ALEXANDRE CAETANO PEROZINI

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia -
UNESP - Campus de Ilha Solteira, para obtenção do
título de Doutor em Agronomia. Especialidade:
Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Edson Lazarini
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Liliane Santos de Camargos

Ilha Solteira
2016

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P453g Perozini, Alexandre Caetano.
Glifosato e manganês na cultura da soja transgênica: fisiologia e nutrição de planta, características agrônômicas e análise econômica / Alexandre Caetano Perozini. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
69 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistema de Produção, 2016

Orientador: Edson Lazarini
Co-orientador: Liliane Santos de Camargos
Inclui bibliografia

1. Soja. 2. Glifosato. 3. Manganês. 4. Micronutrientes. 5. Avaliação econômica.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Glifosato e manganês (Mn) na cultura da soja transgênica [*Glycine max* L. Merrill]: fisiologia e nutrição de planta, características agronômicas e análise econômica.

AUTOR: ALEXANDRE CAETANO PEROZINI

ORIENTADOR: EDSON LAZARINI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA, área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDSON LAZARINI

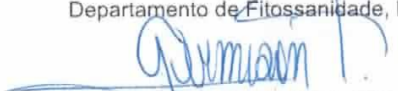
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. FERNANDO TADEU DE CARVALHO

Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. GERMISON VITAL TOMQUELSKI

Instituto de Pesquisa, Chapadão do Sul Ms / Fundação de Apoio À Pesquisa Agropecuária de Chapadão


Profa. Dra. JULIANA DOMINGUES LIMA

Coordenadoria Executiva / Unidade de Registro

Ilha Solteira, 04 de fevereiro de 2016

DEDICO ...

*Ao grande mestre e incentivador das pesquisas
relacionadas a cultura da soja*

Professor Doutor Edson Lazarini

*Pela grande contribuição à minha formação
acadêmica, por me orientar da melhor forma possível,
por todo apoio e por se mostrar disposto sempre que
precisei... e cujas qualidades como pessoa, educador,
profissional e amigo não podem ser expressas apenas em
palavras...*

*A minha co-orientadora Professora Liliane
Santos de Camargos, doutora não só na academia das
ciências, mas doutora na academia de ensino de vida.
Ela, que me ensinou o valor da busca do saber, o valor
do conhecimento adquirido nem sempre por caminhos
planos, mas vencidos com persistência e humildade.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre esteve ao meu lado, nas minhas quedas, nas minhas fraquezas, nas lutas e controvérsias, vitórias e derrotas. Obrigada por permitir a realização de mais um sonho. Obrigado pela vida! A minha família (mãe e meus irmãos). Ao Professor Doutor Edson Lazarini, pela confiança e quebra de paradigmas ao acreditar no meu potencial, pela paciência na transferência dos ensinamentos e orientação nos trabalhos desenvolvidos, pela compreensão frente aos momentos de dificuldades, desânimos ou ausência e por proporcionar que o relacionamento professor-aluno se estendesse além do âmbito acadêmico e superasse as fronteiras da admiração, do respeito, do carinho e da amizade, jamais poderei ser suficientemente grato! À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP - Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira, seu corpo docente e funcionários e pela valiosa oportunidade proporcionada para a realização desse curso. Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos e amizade. À Fazenda de Ensino e Pesquisa, assim como todos os funcionários, pela concessão da área experimental e condições para a realização desse trabalho. Aos professores da banca examinadora desse trabalho, pelas sugestões. Aos professores Edson Lazarini, Liliane Santos de Camargos, Alcebíades Ribeiro Campos, João Antônio da Costa Andrade, Fernando Tadeu de Carvalho, Salatiér Buzetti, Maria Aperecida Anselmo Tarsitano, Antonio Lázaro Sant’Ana, Mario Luiz Teixeira Moraes, Silvia Maria de Almeida Lima Costa, Rose Pastora Echeverria pela amizade e pelo incentivo a esse trabalho. Aos meus amigos e considerado como irmãos Alexandre Pedrinho do Curso de Graduação de Agronomia e Joaquim Júlio Almeida Júnior do Curso de Pós-Graduação da Agronomia, ao Ronaldo Cintra Lima do departamento DEFERS/FE/UNESP. Aos secretários do DEFERS, pela disposição e pela amizade. Aos funcionários do Laboratório de Fertilidade do Solo e Física do Solo, pelo auxílio na coleta e análise dos dados. Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação e da Biblioteca em especial ao Diretor João Josué Barbosa, pelos serviços prestados e atenção dispensada. À equipe de orientados do Professor Doutor Edson Lazarini, pelo auxílio indispensável no desenvolvimento e condução do experimento. Agradecimentos aos demais funcionários dessa instituição, pelo carinho, amizade e palavras de incentivo. Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, pela amizade. Aos grandes amigos: não cito nomes para não ser injusto com aqueles que me auxiliaram até onde cheguei, por serem tão especiais. Ao IFMT - Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia de Mato Grosso, seu corpo docente, professores Doutor Cristiano Martinotto, Doutor Charles de Araújo e funcionários e pela valiosa oportunidade proporcionada para a realização desse curso. Àquelas pessoas que, embora seus nomes não estejam citados, porém jamais serão esquecidos, pela amizade, carinho, respeito ou pelo simples convívio ao longo desses anos e que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigado!

GLIFOSATO E MANGANÊS NA CULTURA DA SOJA TRANSGÊNICA: FISIOLOGIA E NUTRIÇÃO DE PLANTA, CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E ANÁLISE ECONÔMICA

RESUMO

O glifosato sal de isopropilamina de N - (fosfonometil) glicina é um dos herbicidas mais utilizados em sistemas de cultivo de produtos agrícolas geneticamente modificados, especialmente para a cultura da soja. Visando estudar os efeitos da aplicação de glifosato e manganês (Mn) em diferentes estádios de desenvolvimento sobre a fisiologia e nutrição das plantas de soja, características agronômicas e viabilidade econômica, desenvolveu-se dois experimentos na Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP-Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS. Os experimentos foram instalados em 07/11/2012, utilizando-se a variedade de soja BRS Valiosa RR. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados em arranjo fatorial. O produto utilizado para fornecer Mn contém como matéria prima sulfato de Mn quelatizado com EDTA. A fonte do N - (fosfonometil) glicina foi o Roundup Original com concentração de sal de Isopropilamina de glifosato 480 g L^{-1} (360 g L^{-1} equivalente ácido). Os tratamentos: primeiro experimento com aplicação de glifosato nas doses de 0 ou $1440 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ (equivalente ácido), parceladamente nos estádios V3 e V7 ou em dose única no estádio V7, na ausência ou presença de 350 g ha^{-1} Mn, aplicado em dose única no estádio V5 ou parceladamente, com aplicações em V5 e V9. E no segundo experimento, a aplicação de glifosato, nas doses equivalente ácido de $720 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ aplicado em V3, $1440 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ aplicados em V3 + V7, na ausência ou presença de 350 g ha^{-1} Mn, aplicado no estádio V5. As pulverizações foliares dos tratamentos foram realizadas com pulverizador de barra de 5 m de comprimento, provida com bicos leque 110-02, espaçados de 50 cm, acoplado ao trator, e calibrado para volume de aplicação de 200 L ha^{-1} de calda. Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que: há alteração na forma de ureídeo e em ETR (taxa de elétrons refletidos); não houve alterações significativas no teor nutricional, apenas para número de grãos por vagens e produção média (kg ha^{-1}), apresentaram diferenças significativas no segundo experimento, o que levou a um melhor resultado econômico com aplicação de $1440 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ de glifosato em estádios V3.

Palavras-chave: Glycine max (L.) Merrill. Fluorescência da clorofila. Ureídeos. Produtividade. Lucratividade. N - (fosfonometil) Glicina. Adubação foliar. Micronutriente.

GLYPHOSATE AND MANGANESE IN CULTURE OF SOYBEAN: PHYSIOLOGY AND PLANT NUTRITION, AGRONOMIC FEATURES AND ECONOMIC ANALYSIS

ABSTRACT

Glyphosate (N-[phosphonomethyl] glycine) is one of the most used herbicides in the systems of genetically modified agricultural product cultivation, especially for soybean. Studying the effects of glyphosate and manganese (Mn) application in different development stages on the physiology and nutrition of soybean plants, agronomic features and economic viability, it was developed two experiments at the Teaching and Research Farm, UNESP-Ilha Solteira, located in Selvíria-MS. The experiments were conducted on 11/07/2012, using soybean BRS Valiosa RR. The used experimental design was randomized block design with 4 replications, factorial arrangement. The product used to provide Mn as raw material contains Mn sulfate chelated with EDTA. The source of N-(phosphonomethyl) glycine was Roundup Original with concentration of isopropylamine salt of glyphosate 480 g L⁻¹ (360 g L⁻¹ acid equivalent). The treatments: first experiment with glyphosate application at doses of 0 or 1440 g i.a. ha⁻¹ (acid equivalent) in installments V3 and V7 stages or in single dose V7 stage in the absence or presence of 350 g i.a. ha⁻¹ Mn applied in a single dose at V5 or in installments, with applications in V5 and V9. And in the second experiment, the glyphosate application in doses equivalent acid to 720 g i.a. ha⁻¹ applied at V3, 1440 g i.a. ha⁻¹ applied at V3 + V7, in the absence or presence of 350 g i.a. ha⁻¹ Mn, applied at V5. The treatment foliar spray was always performed, with a 12 m long bar provided with 5 cone nozzles 110-02, with spacing of 50 cm coupled to the tractor, calibrated for volume 200 L ha⁻¹. Based on these results it can be concluded that: there is a change in the ureide form and REE (rate reflected electrons); there were no significant alterations in nutritional contents, only for number of grains per pod and average production (kg ha⁻¹) showed statistic significant differences in the second experiment, which led to a better economic results in treating 1440 g i.a. ha⁻¹ of glyphosate at V3 stage.

Keywords: Glycine max (L.) Merrill. Chlorophyll fluorescence. Ureides. Productivity. Profitability. N-(phosphonomethyl) Glycine. Foliar fertilization. Micronutrient.

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1 - Valores Valores diários de temperatura máxima e mínima média do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm), nos meses de novembro e dezembro de 2012, registrados no posto meteorológico da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão. Selvíria - MS, 2012/13.....	26
Tabela 2 - Descrição sumária dos estádios de desenvolvimento e reprodutivo da soja. Selvíria - MS, 2012/13.....	27
Tabela 3 - Tratamentos avaliados no Experimento I. Selvíria - MS, 2012/13.....	29
Tabela 4 - Tratamentos avaliados no Experimento II. Selvíria - MS, 2012/13.....	29
Tabela 5 - Valores médios de fluorescência da clorofila (ETR) e conteúdo de clorofilas <i>a</i> e <i>b</i> , em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.....	37
Tabela 6 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para fluorescência da clorofila em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.....	38
Tabela 7 - Valores médios de fluorescência da clorofila (ETR) e conteúdo de clorofilas <i>a</i> e <i>b</i> , em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.....	39
Tabela 8 - Valores médios de ureídeos totais, ácido alantoico, alantoina, aminoácidos e proteínas. em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.....	40

Tabela 9 - Valores médios de ureídeos totais, ácido alantoico, alantoina, aminoácidos e proteínas. em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.....	42
Tabela 10 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para ureídeos totais em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.....	43
Tabela 11 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para ácido alantoico em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.....	43
Tabela 12 - Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.....	44
Tabela 13 - Teores foliares de Fe, Mn e Zn (mg kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.....	46
Tabela 14 - Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.....	47
Tabela 15 - Teores foliares de Fe, Mn e Zn (mg kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.....	47
Tabela 16 - Valores médios de altura de plantas, inserção da 1ª vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.....	49
Tabela 17 - Valores médios de altura de plantas, inserção da 1ª vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.....	51

Tabela 18 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para altura de inserção da 1ª vagem em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.....	52
Tabela 19 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para número de grãos por vagens em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.....	52
Tabela 20 - Custos do insumo e sua aplicação (R\$ ha ⁻¹) em função de doses de glifosato (g i.a. ha ⁻¹), doses de Mn (g ha ⁻¹) e estágio de aplicação nos Experimentos I e II. Selvíria-MS, 2013.....	54
Tabela 21 - Produtividade, acréscimos de produtividade (kg ha ⁻¹) e do valor da produção (R\$/ha) em função de doses de glifosato (g i.a. ha ⁻¹), doses de Mn (g ha ⁻¹) e estágio de aplicação nos Experimentos I e II. Selvíria-MS, 2013.....	55
Tabela 22 - Acréscimos em R\$ por ha do valor da produção, dos custos total dos insumos, da margem de ganho bruto em função de doses de glifosato (g i.a. ha ⁻¹), doses de Mn (g ha ⁻¹) e estágio de aplicação nos Experimentos I e II. Selvíria-MS, 2013.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	<i>A situação e exigências nutricionais da soja</i>	15
2.2	<i>Evolução e conjuntura mundial de cultivos geneticamente modificados.....</i>	17
2.3	<i>Modo de ação do glifosato e seus efeitos</i>	19
2.4	<i>Fluorescência e o medidor: fluorômetro.....</i>	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	<i>Localização e caracterização da área experimental.....</i>	25
3.2	<i>Descrição sumária dos estádios de desenvolvimento da soja.....</i>	26
3.3	<i>Instalação dos experimentos</i>	28
3.4	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	28
3.5	<i>Manejo fitossanitário.....</i>	30
3.6	<i>Avaliações.....</i>	30
3.5.1	<i>Análise de fluorescência da clorofila.....</i>	30
3.5.2	<i>Avaliações fisiológicas.....</i>	31
3.5.2.1	<i>Dosagem de compostos nitrogenados.....</i>	32
3.5.2.2	<i>Análise de clorofila a, b.....</i>	33
3.5.3	<i>Avaliação do estado nutricional das plantas</i>	33
3.5.4	<i>Características agronômicas e produtividade de grãos.....</i>	34
3.5.5	<i>Análises econômicas.....</i>	34
3.5.6	<i>Análises estatísticas</i>	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	<i>O efeito do glifosato e Mn sobre parâmetros da fotossíntese: concentração de clorofila e emissão de fluorescência</i>	36
4.2	<i>O efeito do glifosato e Mn sobre parâmetros do metabolismo de nitrogênio (fixação biológica e conteúdo de ureídeos, aminoácidos e proteínas)</i>	39
4.3	<i>Avaliações do estado nutricional das plantas</i>	44
4.4	<i>Avaliações das características agronômicas das plantas</i>	48
4.5	<i>Avaliações das análises econômicas</i>	53
5	CONCLUSÕES.....	58
6	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

No mundo têm sido observados significativos aumentos no cultivo e na comercialização de produtos agrícolas geneticamente modificados, especificamente para a cultura da soja, e as primeiras plantações comerciais de soja transgênicas foram realizadas na China no início da década de 1990 (AZEVEDO et al., 2002). No contexto nacional, verifica-se uma situação particular, pois no Brasil, segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos EUA. Na safra 2014/2015, a cultura ocupou uma área de 31,57 milhões de hectares (EMBRAPA, 2016). A produtividade média da soja brasileira foi de 3.011 kg por hectare. Ainda há grande polêmica relacionada com a liberação ou não do cultivo da soja geneticamente modificada (ROESSING; LAZZAROTTO, 2011).

No entanto, devido ao fato desses produtos possuírem materiais genéticos introduzidos, de forma artificial, de outros organismos vivos, ampliaram-se, também, as discussões a respeito dos potenciais riscos e benefícios decorrentes dessa moderna tecnologia empregada na agricultura (FIGUEIREDO, 2009). Dentre esses produtos, destaca-se a soja com resistência ao herbicida glifosato, cultura transgênica de maior exploração no mundo, responsável por 61% da área global cultivada com transgênicos, beneficiária de significativos avanços na pesquisa em biotecnologia que resultaram na criação de variedades de soja resistente ao glifosato, conhecidas como soja RR (Roundup Ready). Tal inovação proporcionou o uso deste herbicida na cultura com maior eficácia e amplo espectro de controle de plantas daninhas (KRUZE et al., 2000). A primeira planta transformada pela tecnologia do DNA recombinante foi desenvolvida no início da década de 80. Desde então, moléculas de DNA passaram a serem inseridas em espécies de interesse, produzindo novas e desejadas particularidades (DULFIELD; GERMIDA, 2004). Esse processo é mais rápido e preciso que o melhoramento convencional, pois permite a introdução de um único gene e modificação de uma característica específica. (SANTINONI, 2008).

O glifosato é o mais comum herbicida em sistemas de cultivo (KRUZE et al., 2000; DUKE; POWLES, 2008). As principais ações deste herbicida são baseadas na inibição da enzima 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase (EPSPS) que resulta no reduzido biossíntese de aminoácidos aromáticos e alterações no metabolismo das proteínas. O glifosato

causa também efeitos adversos sobre fotossíntese, metabolismo de carbono e translocação de sacarose nas plantas (GEIGER et al., 1999; RIBEIRO et al., 2008). Prejuízos na assimilação de nitrato e fixação de nitrogênio, sendo relatados ainda outros efeitos nocivos do glifosato em plantas (KING et al., 2001; DE MARIA et al., 2006; BELLALLOUI et al., 2006), especialmente em condições de estresse hídrico (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007). Até mesmo a relativamente baixa aplicação nas doses de glifosato causou reduções significativas na atividade da nitrogenase em nódulos de plantas por um período 24 h após sua aplicação (DE MARIA et al., 2006).

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 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 (STEFANELLO et al, 2011).

Desta forma, o objetivo foi estudar os efeitos da aplicação de doses de glifosato e Mn em diferentes estádios fenológicos da soja, no desenvolvimento das plantas, fisiologia, nutrição mineral e características agronômicas bem como a viabilidade econômica desta operação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A situação e exigências nutricionais da soja

Os Estados Unidos é o maior produtor mundial de soja, seguido do Brasil e Argentina, respectivamente, Brasil quanto à Argentina exportam grande parte da sua produção, ao contrário dos Estados Unidos, que exporta em média somente 35% do total de sua produção (MUNOZ; PALMEIRA, 2006). Segundo estimativas, os agricultores americanos forão responsáveis por produzir 88,66 milhões de toneladas no ciclo 2013/14, o Brasil produziu 88 milhões de toneladas seguido pela Argentina com 53,5 milhões e da China com aproximadamente 12,2 milhões de toneladas (SEAB, 2014).

No Brasil, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2015), o oitavo levantamento realizado pela Conab aponta para a safra brasileira na temporada atual, o desempenho da soja nas diversas regiões produtoras do país para uma expectativa de produção na temporada 2014/15 de 95.070,2 milhões de toneladas, representando incremento de 10,4% em relação ao total produzido.

A exigência de cada cultura por nutrientes pode ser inferida a partir da extração total e da marcha de absorção dos nutrientes, principalmente pela existência de picos de máxima absorção pela planta (DUARTE, 2007). Essa absorção de nutrientes pela soja é influenciada por diversos fatores, entre eles as condições climáticas, como chuva e temperatura, as diferenças genéticas entre as variedades, o teor de nutrientes no solo e os diversos tratos culturais. O nitrogênio é o nutriente requerido e exportado em maior quantidade pela cultura da soja, com valores próximos a 51 e 83 kg ha⁻¹ de N por tonelada de grãos respectivamente (EMBRAPA, 2006b), podendo acumular até 162 kg ha⁻¹ de N na parte aérea em cultivares de porte alto e ciclo mais longo (TANAKA; MASCARENHAS, 1992). Já a fixação biológica do nitrogênio (FBN) é a principal fonte deste nutriente para as plantas de soja, por meio de simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*.

A fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja é um dos exemplos de maior sucesso, uma vez que a utilização de inoculantes com *Bradyrhizobium* possibilita uma economia anual aproximada 100 a 200 kg ha⁻¹ de N, sendo que a quantidade média de nitrogênio alocada em uma tonelada de sementes é 51 kg (OLIVEIRA et al., 2007), o que representa uma

economia, para os produtores brasileiros de cerca de US\$ 3 bilhões em fertilizantes nitrogenados (FAGAN et al., 2007). Este processo se torna essencial para produção de soja, pois seus grãos são ricos em proteína e lipídios, e o nitrogênio (N) é imprescindível na síntese de proteína.

Quando a adubação for feita com adubo formulado, cuja fórmula possua nitrogênio e esta seja de menor custo que a mesma fórmula sem nitrogênio, pode-se utilizá-la na semeadura desde que não ultrapasse 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Para que a fixação simbiótica seja eficiente, há a necessidade de se corrigir a acidez do solo e fornecer os nutrientes que estejam em quantidades limitantes (BORKERT; YRINORT; CORRÊA-FERREIRA, 1994). O potássio (K) também é extraído em grande quantidade, atingindo valores próximos de 38 kg ha⁻¹ de K₂O, por tonelada de grãos produzidos. Em seguida vem o fósforo (P), com valores de 15 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para cada tonelada de grãos (EMBRAPA, 2006b). O cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) são exportados em menor quantidade do que o P, mas eles podem ser extraídos em maior quantidade do que este.

Na safra 2004/05 e 2005/06 foram avaliados adubos aplicados via foliar, na forma de fórmulas completas com vários elementos e/ou aminoácidos e produtos contendo um único nutriente (EMBRAPA, 2006b). Entretanto, para o uso de aminoácidos, em alguns casos, o retorno econômico da aplicação dos nutrientes foi positivo, mas evidenciou sua dependência de altas produtividades e preços da soja favoráveis no momento da comercialização. Resultados de pesquisa obtidos têm demonstrado respostas significativas apenas para Mn, cobalto (Co) e molibdênio (Mo), razão pela qual não existe a recomendação para adubação foliar com outros nutrientes (EMBRAPA, 2006a). Em condição de carência de Mn ocorre clorose entre as nervuras das folhas mais novas, as quais se tornam verde-pálido e passam para amarelo-pálido. Áreas necróticas marrons desenvolvem-se nas folhas à medida que a deficiência torna-se mais severa. Neste caso indica-se a aplicação de 350 g ha⁻¹ de Mn diluídos em 200 L de água com 0,5% de uréia. Para o Co e Mo sugere-se a aplicação via foliar de 12 a 30 g ha⁻¹ de Mo e 2 a 3 g ha⁻¹ de Co, entre os estádios V₃ e V₅. (EMBRAPA, 2006b). Deve-se dar preferência para o fornecimento via foliar, uma vez que no tratamento de semente a aplicação de Co e Mo poderá reduzir a sobrevivência do *Bradyrhizobium* e, conseqüentemente, a nodulação e a fixação biológica do nitrogênio (STAUT, 2011).

O Mn é absorvido pelas plantas na forma de íon divalente, sendo reconhecidos três compartimentos de Mn nas raízes (MUNNS et al., 1963). O primeiro refere-se à fração trocável, no apoplasto, onde permanece adsorvido às cargas negativas dos constituintes da parede celular, o segundo, denominado lábil, é o Mn que se encontra no citoplasma, enquanto o último ou

terceiro, não-lábil, refere-se ao Mn depositado nos vacúolos. Seu transporte das raízes para a parte aérea é feito como íon divalente, via xilema, seguindo a corrente transpiratória, sofrendo pouca remobilização. Nenhum transportador específico, com alta ou baixa afinidade, foi identificado até o momento (HALL; WILLIAMS, 2003), embora um transportador deste micronutriente, o AtCAX2 para desintoxicação de Mn, tenha sido estabelecido (SCHAAF et al., 2002). O Mn atua diretamente na fotossíntese e indiretamente na formação de carboidratos, assim, deficiências leves de Mn afetam a fotossíntese e diminuem o nível de carboidratos solúveis na planta (KIRKBY; ROMHELD, 2007). O Mn está envolvido em muitas funções bioquímicas, agindo principalmente como um ativador de enzimas tais como desidrogenases, transferases, hidroxilases, e descarboxilases envolvidas na respiração (BARKER; PILBEAM, 2006).

Já a deficiência mais severa de Mn ocasiona uma quebra na estrutura do cloroplasto que não pode ser revertida. Os cloroplastos são as mais sensíveis de todas as organelas celulares à deficiência de Mn, o que leva à desorganização do sistema lamelar e a sintomas visíveis de clorose. O Mn é essencial na síntese de clorofila e sua função principal está relacionada a ativação de enzimas (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Deve-se ressaltar que o Mn desempenha um papel importante nos processos redox, tais como no transporte de elétrons na fotossíntese e na desintoxicação de radicais livres de oxigênio (RAYCHAUDHURI, 2000). Poucas enzimas contêm Mn na sua estrutura, dentre elas tem-se a superóxido dismutase (Mn-SOD), que atua na neutralização de superóxidos, protegendo membranas e proteínas contra a oxidação. Além da função do Mn na fotossíntese, este micronutriente atua também no processo de absorção iônica, respiração, controle hormonal, metabolismo do nitrogênio e síntese de proteínas (MALAVOLTA, 2006). Este é um dos nutrientes que apresentam as maiores variações em termos de teor nas plantas (MUKHOPADHYAY; SHARMA, 1991).

2.2 Evolução e conjuntura mundial de cultivos geneticamente modificados

Os primeiros testes com culturas transgênicas foram conduzidos nos Estados Unidos, na França e na República Popular da China, sendo a China no início dos anos 90, o primeiro país a comercializar sementes geneticamente modificadas, mediante a introdução do tabaco resistente a vírus.

Apesar da expansão recente, não existem estatísticas de área cultivada com soja transgênica a não ser levantamentos informais realizados por empresas especializadas. A partir de 1997, a área mundial com transgênicos não parou de aumentar, totalizando, em 2003, 67,7

milhões de hectares. Essa área foi cultivada por sete milhões de agricultores, distribuídos em 18 países (em 2002, foram seis milhões de agricultores, localizados em 16 países). Com esses dados, no período de 1996 a 2003, evidenciou-se um crescimento médio de 27,5% ao ano na área de culturas geneticamente modificadas segundo ROESSING; LAZZAROTTO, 2011; JAMES, 2005 que também citaram que cerca de 9,4 milhões de hectares foram semeados com soja transgênica resistente ao herbicida glifosato no Brasil na safra 2004/05. Agricultores brasileiros cultivaram um total de 42,2 milhões de hectares com transgênicos na safra 2014 entre as culturas de soja, milho e algodão, dos quais 29,1 milhões de hectares foram de soja (ISAAA, 2014).

O primeiro levantamento da adoção de biotecnologia agrícola no Brasil da safra 2015/16, indica um aumento da área total de 3,9% em relação ao fechamento da safra 2014/15. Deste modo, a área total com as culturas transgênicas (soja, milho e algodão) alcançará 44,2 milhões de hectares, ou seja um total de 90,7% da área cultivada com essas três culturas. A tendência para as três culturas é de que os eventos com genes combinados estejam cada vez mais presentes nas lavouras e atualmente a soja só conta com uma tecnologia RI/TH, de um total de seis tecnologias liberadas para semeadura (CELERES, 2015).

Os avanços na biotecnologia resultaram na criação de variedades de soja resistente ao glifosato, conhecidas como soja RR, proporcionando o uso deste herbicida na cultura com reconhecida eficácia e amplo espectro de controle de plantas daninhas (FIGUEIREDO, 2009). A primeira planta transformada pela tecnologia do DNA recombinante foi desenvolvida no início da década de 1980. Desde então, moléculas de DNA passaram a ser inseridas em espécies de interesse, produzindo novas e desejadas particularidades (DULFIELD; GERMIDA, 2004; SANTINONI, 2008). Na soja transgênica o gene inserido (AroA), oriundo do genoma de *Agrobacterium* sp., estirpe CP4, codifica uma variante da enzima EPSPS (CP4 EPSPS), especialmente tolerante à inibição pelo glifosato estruturalmente muito parecido com os genes componentes do genoma de uma planta (PADGETTE, 1995).

Sob o tratamento com herbicida glifosato, as plantas de soja não são afetadas, devido à ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa, insensível ao produto, caracterizando a tolerância a esse herbicida que é amplamente utilizado no controle de plantas daninhas (GAZOLA, 2008). Por outro lado, os setores produtivos e a empresa que detêm a patente, e desenvolveu a tecnologia de soja transgênica na década de 1980, propunham a facilitação nos tratamentos culturais da lavoura, a ampliação do rendimento dos produtores, pela redução do custo decorrente do menor número de pulverizações para controle de plantas daninhas, e a cobrança de *royalties* devido ao emprego da tecnologia por outras empresas ou pessoas. Segundo

MENEGATTI; BARROS, 2007 referiram-se às poucas informações a mesma safra, pois as normas para comercialização deste tipo de sementes e o pagamento de *royalties* ainda suscitam dúvidas, de modo que o setor só poderá comparar seus custos nas próximas safras, já amparado por dispositivos legais para compra de soja transgênica.

O advento das plantas transgênicas vai, aos poucos, tomando forma e vulto na sociedade, incluindo grandes culturas alimentares, como soja, milho e arroz, produtos de expressivo impacto no sistema agroindustrial pelas oportunidades de negócios no mercado de proteínas de alto valor biológico, de oleaginosas apropriadas à saúde humana de alimentos que pesam na cesta básica da população, e a ciência ocupa papel central e determinante na vida humana (MANTELL, et al., 1985). Como a pesquisa em engenharia genética envolve manipulações, com resultados nem sempre previsíveis, debates amplos ocorrem, onde há argumentos fortes de vantagens e perigos. Esses debates transcendem os aspectos científicos e atingem considerações políticas, socioeconômicas, éticas e filosóficas (VIEIRA; SANTOS, 2002).

2.3 Modo de ação do glifosato e seus efeitos

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

Recentemente muitas pesquisas mostram os efeitos do glifosato em suas diferentes formulações sobre a fisiologia da soja RR. Trabalhos como o de Zobiole et al. (2010) revelam significativa diminuição nos parâmetros fotossintéticos (clorofila, taxa fotossintética, transpiração e condutância estomática) e diminuição no teor de níquel com o uso de glifosato (aplicado de forma único ou sequencial). Santos et al., (2007) mostraram relatos de agricultores sobre o possível efeito do glifosato afetando negativamente o desenvolvimento inicial de plantas de soja, para a qual esse produto é recomendado. O típico sintoma observado em lavouras

de soja RR após a aplicação do glifosato é o amarelecimento das folhas novas, onde algumas cultivares apresentam sintomas mais evidentes do que outras. Esse efeito pode estar relacionado ao aumento demasiado da dose aplicada, à aplicação de outras formulações de glifosato não recomendadas para a cultura, ou ao efeito de outras substâncias químicas naturais ou sintéticas, como aleloquímicos ou surfactantes, respectivamente. Atualmente são disponibilizadas no mercado diversas formulações de glifosato, que, apesar de apresentarem o mesmo mecanismo de ação, possuem, na composição, diferentes sais, sendo os principais: sal potássico, de isopropilamina e de amônio.

Quanto ao balanço nutricional foi detectado diminuição nos parâmetros fotossintéticos e menor biomassa, pelo uso de glifosato (ZOBIOLE et al., 2009). As particularidades de cada formulação incluem maior intoxicação a organismos não alvo, principalmente para a microbiota do solo (SANTOS et al., 2006), maior velocidade de translocação e de ação (MOLIN; HIRASE, 2005), melhor controle de algumas espécies de plantas daninhas (Li et al. 2005) e desbalanço no estado nutricional das plantas (DUKE et al., 1983). Em estudos anteriores observou-se que o uso do herbicida glifosato em pós-emergência afeta o teor de micronutrientes nas plantas de soja RR (NEUMANN et al., 2006) e em soja convencional (CAKMAK et al., 2009).

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

Existem trabalhos que o glifosato aumenta a população de microrganismos oxidantes e decresce a de microrganismos redutores Mn no solo, diminuindo a disponibilidade desse micronutriente às plantas (JOHAL; HUBER, 2009). Da mesma forma, sub-dosagens de glifosato reduzem a translocação de Mn e outros micronutrientes essenciais nas plantas (OZTURK et al., 2008). Estudos prévios demonstraram que a soja RR responde positivamente a aplicação foliar de Mn, mesmo quando a cultivar parental não transgênica não necessita de Mn adicional (GORDON, 2007). Diante disso, tem-se recomendado a aplicação de Mn antes e após a aplicação do herbicida, com a finalidade de atenuar os sintomas de amarelecimento provenientes da aplicação do glifosato.

O glifosato, à base do mesmo sal isopropilamina, não deve ser aplicado na soja RR em doses elevadas, haja vista a capacidade de alterar o teor de alguns nutrientes nas folhas da cultura, entre eles N, Ca, Mg, Fe e Cu, além de causar intoxicação nas plantas. Existem outras prováveis consequências do uso de glifosato em pós-emergência na cultura da soja RR. Alterações diretas podem suceder no metabolismo da auxina (ISSACS et al., 1989), portanto, de probabilidade questionável em soja RR. No entanto, na nutrição de mineral das plantas de soja, como no caso do Mn, resultados recentes comprovam a possibilidade de ocorrerem problemas (GORDON, 2006).

Em leguminosas tropicais como a soja, as quais transportam o nitrogênio na forma de alantoína e alantoato para a parte aérea, a metabolização desses ureídeos nas folhas e na película das sementes é catalizada por uma enzima que tem a necessidade absoluta de Mn. O ureídeos responde pela maior parte do N transportado na seiva do xilema para a parte aérea da soja (GORDON, 2007). Sob o tratamento com esse herbicida, as plantas de soja não são afetadas, em virtude da ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa, insensível ao produto. No entanto, o glifosato é prejudicial à fixação biológica do nitrogênio, pois o *Bradyrhizobium* sp. tem a EPSPs suscetível ao glifosato (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007). O glifosato pode afetar a fixação biológica do nitrogênio, devido a redução do teor de níquel, sendo esse micronutriente essencial para os microrganismos simbióticos (ZOBIOLE et al., 2010). Enquanto que o glifosato também pode influenciar a fixação simbiótica de nitrogênio (ZOBIOLE, 2011). Com relação ao balanço nutricional, o nitrogênio, nas plantas de soja tratadas com Roundup, acredita que a diminuição da capacidade da cultura em realizar a simbiose com o rizóbio para formação dos nódulos tenha contribuído para o menor teor desse elemento nas folhas, uma vez que, para o plantio comercial dessa cultura, praticamente não se realiza a adubação nitrogenada, ou, quando se faz, é feita em baixíssimas doses (SANTOS et al., 2007). Estes, concluíram que o glifosato formulado à base do sal de isopropilamina, foi o mais prejudicial às plantas de soja RR, entre todos os demais formulados testados, reduzindo o número de nódulos radiculares e o rendimento de grãos. Assim reforçam a hipótese de que o glifosato pode prejudicar a simbiose entre rizóbio e soja, uma vez que o microssimbionte também apresenta em seu metabolismo a EPSPs, sensível a esse herbicida. Com relação aos efeitos negativos do glifosato sobre a soja transgênica, resistente a esse herbicida, é possível atribuir a causa a outros fatores ainda, como a adjuvantes presentes na formulação ou ao tipo de sal presente (REDDY; ZABLOTOWICZ, 2003).

As particularidades de cada formulação incluem maior intoxicação a organismos não-alvo, principalmente para a microbiota do solo (SANTOS et al., 2006, 2007), maior velocidade

de translocação e de ação (MOLIN; HIRASE, 2005), melhor controle de algumas espécies de plantas daninhas (LI et al., 2005) e desbalanço no estado nutricional das plantas. A avaliação do estado nutricional das plantas geralmente é realizada pela diagnose foliar, considerando-se que a folha recém-madura é o órgão que geralmente mais responde às variações no suprimento do nutriente, pela adição ou já presente no solo (MALAVOLTA et al., 1997). É também nas folhas que ocorrem as principais reações metabólicas, onde as alterações fisiológicas decorrentes de distúrbios nutricionais geralmente se tornam mais evidentes (MARTIN-PREVEL et al., 1984). A determinação dos teores de nutrientes como critério de diagnose baseia-se na premissa de existir relação significativa entre o suprimento destes e os seus teores no tecido amostrado, bem como entre os teores e as produções das culturas (SANTOS et al., 2006). De maneira geral, há certa concordância para os níveis de suficiência de nutrientes na cultura da soja (MALAVOLTA et al., 1997; EMBRAPA, 2002).

Existem trabalhos que atestam efeitos negativos do glifosato sobre a produtividade e germinação das sementes, quando aplicado de forma sequencial Albrecht et al., (2008) identificaram prejuízos na qualidade fisiológica das sementes em aplicações sequências; detectaram decréscimo na sanidade com o uso de doses comerciais de glifosato; Albrecht et al., (2009a) caracterizaram diminuição significativa nos componentes de produção e na qualidade das sementes, e demonstraram que altas doses de glifosato podem aumentar a incidência de fungos nas sementes e obtiveram resultados que permitiram concluir que determinadas formulações de glifosato podem diminuir os componentes de produção e o vigor das sementes.

Existem estudos que relacionam diretamente a qualidade das sementes com níveis de micronutrientes, relacionando aumentos na germinação e no vigor das sementes de soja com a aplicação de Mn na cultura (NOGUEIRA; CARDOSO, 2002). Assim, diminuindo de alguma forma a disponibilidade de Mn para a soja, como pelo uso de glifosato, chegaria a uma possível situação de decréscimo na qualidade fisiológica das sementes.

Objetivando avaliar a sanidade das sementes de soja RR sob aplicação de altas doses de glifosato em pós-emergência, foi observado que altas doses de glifosato tendem a diminuir significativamente a qualidade sanitária das sementes, e que a incidência de alguns fungos, como o *Fusarium semitectum*, pode ser alterada negativamente, em função do acréscimo nas doses do herbicida (ALBRECHT et al., 2009b). No que se refere a qualidade das sementes, observaram tendência linear decrescente na qualidade das sementes com o incremento na dose de glifosato, justificada pelo possível efeito deletério de altas doses mesmo em cultivares resistentes a esse herbicida (ALBRECHT et al., 2008).

2.4 Fluorescência e o medidor: fluorômetro

A análise da fluorescência da clorofila vem sendo largamente utilizada no entendimento dos mecanismos da fotossíntese propriamente dito, bem como na avaliação da capacidade fotossintética alterada por estresses bióticos ou abióticos pelos quais as plantas possam passar, como o uso de herbicidas (IRELAND et al., 1986), temperatura (OLIVEIRA et al., 2002), radiação (MAZZA et al., 2000), deficiência hídrica (RODEN; BALL, 1996), salinidade (BELKHODJA et al., 1994), presença de insetos (BOWN et al., 2002) ou fungos (PETERSON; AYLOR, 1995). Para esse tipo de avaliação são utilizados fluorômetros em aplicações que variam desde a rápida identificação de injúrias causadas ao sistema fotossintético, mesmo quando o sintoma ainda não é visível, até a análise detalhada da alteração da capacidade fotossintética da planta. Uma das grandes vantagens do uso deste método é o fato de a medição não ser destrutiva, sendo possível de realizar tanto em laboratório quanto em campo (OLIVEIRA et al., 2002).

A fluorescência da clorofila é uma medida da eficiência fotossintética e da capacidade produtiva, podendo ser usada como uma ferramenta para estudar diversos aspectos da fotossíntese porque ela reflete a mudança na membrana e na organização do tilacóide (MAXWELL; JOHNSON, 2000), estas mudanças na fluorescência estão associadas com plantas tratadas com herbicidas inibidores da síntese de aminoácidos ou da rota respiratória (PIHAKASKI; PIHAKASKI, 1980).

Estudos da fluorescência da clorofila tem sido representado pelas mudanças na sanidade e funcionamento do processo fotossintético quando plantas são expostas a herbicidas. Isso inclui alterações nas reações da oxidação da água, separação de cargas, transporte de elétrons, desenvolvimento do gradiente eletroquímico, mecanismo de fotoproteção e mudanças do pH no lúmen do tilacóide (OLIVEIRA et al., 2002).

Apesar das plantas apresentarem os mecanismos que evitam o estresse oxidativo (por meio de enzimas antioxidantes) produzido normalmente em pequeno grau durante a fotossíntese, a aplicação dos herbicidas (inibidores do PSII) vai causar uma produção de radicais que ultrapassa a capacidade de destoxificação desses mecanismos (GRONWALD, 1994).

A análise das mudanças da fluorescência da clorofila oferece muitas possibilidades não só para determinar o local de inibição do transporte de elétrons pelo herbicida, mas também para relacionar as injúrias do herbicida com a taxa de absorção e/ou concentração aplicada. Isso tem uma particularidade desejável com herbicidas pós-emergentes, visto que o desempenho do

herbicida pode ser influenciado por adjuvantes, condições ambientais e a idade da folha (RICHARD et al., 1983).

Estudos monitorando o ETR (taxa de transporte de elétrons em $\mu\text{Mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em plantas de *Zea mays*, *Digitaria sanguinalis* e *Abutilon theophrasti*, quando submetidas à aplicação de amicarbazone e atrazine, mostraram que a taxa de transporte de elétrons para *D. sanguinalis* e *A. theophrasti* foi completamente inibida oito horas após a aplicação dos herbicidas, enquanto o milho manteve uma redução de aproximadamente 70% e 30% do ETR fotossintético com 24 horas após a aplicação do amicarbazone e atrazine, respectivamente, o que demonstrou a maior tolerância do milho aos herbicidas testados quando comparado às plantas daninhas (DAYAN et al., 2009).

Em experimentos conduzidos com folhas destacadas de *Alopecurus myosuroides* (planta daninha bastante prejudicial aos cereais de inverno da Inglaterra e de difícil controle devido à seleção de biótipos resistentes) submetidas ao chlortoluron, foi relatado que as folhas das plantas resistentes mostraram de parcial a completa recuperação da inibição do transporte de elétrons, enquanto as plantas susceptíveis não mostraram qualquer recuperação do transporte de elétrons no PSII (VAN ORSCHOT; VAN LEEUWEN, 1992).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos I e II foram desenvolvidos no ano agrícola 2012/13 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia - UNESP Câmpus de Ilha Solteira - SP localizada no município de Selvíria-MS, cujas coordenadas geográficas aproximadas são 51°22' de Longitude Oeste e 20°22' Sul, e altitude de 335 m. Durante a realização dos Experimentos na Tabela 1 encontra-se os valores médios diários de temperatura máxima e mínima média do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm), nos meses de novembro e dezembro de 2012, período entre as instalações dos experimentos e aplicações dos tratamentos, dados registrados no posto meteorológico da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão.

O solo do local, classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso A moderado mesoeutrófico álico caulínítico, mesoférrico muito profundo e fortemente ácido, onde anteriormente era vegetação de Cerrado e a mais de 27 anos é ocupado por culturas anuais, e em agosto de 2012 foi realizada uma amostragem de solo na área experimental, na camada de 0 - 0,2 m para a caracterização química do solo quanto aos valores de pH, e teores de M.O. (P, K, Ca, Mg, S), H+Al (B, Cu, Fe, Mn e Zn). Análise de solo: P = 26 mg/dm⁻³; MO = 23 g/dm⁻³; **pH (CaCl₂) = 5**; K = 2,6; **Ca = 21**; **Mg = 13**; H+Al = 34 mmolc/dm⁻³ respectivamente; Al = 1; **S-SO⁴ = 4**; B = 0,25; Cu = 0,7; **Fe = 20**; **Mn = 49**; Zn = 0,9 mg/dm³ respectivamente; SB = 36,6; CTC = 70,6; V % = 52.

Interpretação dos teores: ▲ alto, ▲ médio e ▲ baixo.

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

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

Fonte: Universidade Estadual Paulista - Unesp (2013).

3.2 Descrição sumária dos estádios de desenvolvimento da soja

A fase vegetativa são designadas numericamente como V1, V2, V3, até Vn, menos os dois primeiros estádios que são designados como VE (emergência) e VC (estádio de cotilédone). O último estágio vegetativo é designado como Vn, onde “n” representa o número

do último nó vegetativo formado por um cultivar específico. O valor de “n” varia em função das diferenças varietais e ambientais. Os estádios reprodutivos são denominados pela letra R seguida dos números um até oito e descrevem detalhadamente o período florescimento-maturação. Os estádios reprodutivos abrangem quatro distintas fases do desenvolvimento reprodutivo da planta, ou seja, florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8) (FEHRF; CAVINESS, 1977).

Tabela 2 - Descrição sumária dos estádios de desenvolvimento e reprodutivo da soja. Selvíria - MS, 2012/13.

Estádios	Denominação	Descrição sumária do estágio vegetativo
VE	emergência	Cotilédones acima da superfície do solo
VC	cotilédone	Cotilédones completamente abertos
V1	primeiro nó	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas
V2	segundo nó	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V3	terceiro nó	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida
V4	quarto nó	Terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V5	quinto nó	Quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida
V6	sexto nó	Quinta folha trifoliolada completamente desenvolvida
V...	...	...
Vn	enésimo nó	Ante-enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida
Estádios	Denominação	Descrição sumária do estágio reprodutivo
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule (haste principal)
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta num dos 2 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R3	Início da formação da vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R4	Vagem completamente desenvolvida	Vagem com 2 cm de comprimento num dos 4 últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R5	Início do enchimento do grão	Grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R6	Grão cheio ou completo	Vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos 4 últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R7	Início da maturação	Uma vagem normal no caule com coloração de madura
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração de madura

Fonte: Fehr; Caviness (1977).

3.3 Instalação dos experimentos

Na primeira quinzena de novembro de 2012, as plantas existentes na área experimental foram dessecadas com o uso do sal isopropilamina de N-(phosphonomethyl) glicine na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹ (equivalente ácido) (4,0 L ha⁻¹ de glifosato) e então, sete dias após foi realizada a semeadura direta da soja (07/11/2012), utilizando-se a semeadora adubadora adequada para esta operação, em seguida fez-se a locação das parcelas experimentais.

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

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em fatorial, com quatro repetições, e as parcelas foram constituídas de sete linhas com dez metros de comprimento. Área útil foi considerada três linhas centrais, desprezando-se um metro em cada extremidade. O Experimento I (ano agrícola 2012/13) foi realizado em esquema fatorial 3x3, sendo: três doses de aplicação de glifosato (sem aplicação de glifosato 0 g i.a. ha⁻¹, aplicação de glifosato 720+720 (V3+V7) g i.a. ha⁻¹ e aplicação de glifosato 1440 (V3) g i.a. ha⁻¹, e três doses de aplicação de Mn (sem aplicação de Mn 0 g ha⁻¹, aplicação de Mn 350 (V5) g ha⁻¹ e aplicação de Mn 175+175 (V5+V9) g ha⁻¹). O Experimento II (ano agrícola 2012/13) foi realizado em esquema fatorial 6x2, sendo: seis doses de aplicação de glifosato (sem aplicação de glifosato 0 g i.a. ha⁻¹, aplicação de glifosato 720 (V3) g i.a. ha⁻¹, aplicação de glifosato 1440 (V3) g i.a. ha⁻¹, aplicação de glifosato 720+720 (V3+V7) g i.a. ha⁻¹, aplicação de glifosato 1440 (V7) g i.a. ha⁻¹, e aplicação de glifosato 720+1440 (V3+V7) g i.a. ha⁻¹ e duas doses de aplicação de Mn (sem aplicação de Mn 0 g ha⁻¹, aplicação de Mn 350 (V5) g ha⁻¹).

Nas Tabelas 3 e 4, encontra-se os tratamentos avaliados nos experimentos. As pulverizações foliares foram realizadas sempre com temperatura inferior a 30°C e umidade relativa do ar acima de 60 %, no período da manhã dos tratamentos, realizadas com um pulverizador de barra de cinco metros de comprimento, provida com bicos leque 110-02, espaçados de cinquenta centímetros, acoplado ao trator, e calibrado para volume de aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda. As aplicações do glifosato foram realizadas tanto nos Experimentos I e II de 30/11 a 15/12, respectivamente nos estádios V3 e V7.

Tabela 3 - Tratamentos avaliados no Experimento I. Selvíria - MS, 2012/13.

Tratamentos	glifosato (g i.a. ha ⁻¹) (equivalente ácido) e estádio da soja	Mn (g ha ⁻¹) e estádio da soja	Total glifosato (g i.a. ha ⁻¹) (equivalente ácido)	Total Mn (g ha ⁻¹)
1	0	0	0	0
2	0	350 (V5)	0	350
3	0	175+175 (V5+V9)	0	350
4	720+720 (V3+V7)	0	1440	0
5	720+720 (V3+V7)	350 (V5)	1440	350
6	720+720 (V3+V7)	175+175 (V5+V9)	1440	350
7	1440 (V3)	0	1440	0
8	1440 (V3)	350 (V5)	1440	350
9	1440 (V3)	175+175 (V5+V9)	1440	350

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

Tabela 4 - Tratamentos avaliados no Experimento II. Selvíria - MS, 2012/13.

Tratamentos	glifosato (g i.a. ha ⁻¹) (equivalente ácido) e estádio da soja	Mn (g ha ⁻¹) e estádio da soja	Total glifosato (g i.a. ha ⁻¹) (equivalente ácido)	Total Mn (g ha ⁻¹)
1	0	0	0	0
2	0	350 (V5)	0	350
3	720 (V3)	0	720	0
4	720 (V3)	350 (V5)	720	350
5	1440 (V3)	0	1440	0
6	1440 (V3)	350 (V5)	1440	350
7	720+720 (V3+V7)	0	1440	0
8	720+720 (V3+V7)	350 (V5)	1440	350
9	1440 (V7)	0	1440	0
10	1440 (V7)	350 (V5)	1440	350
11	720+1440 (V3+V7)	0	2160	0
12	720+1440 (V3+V7)	350 (V5)	2160	350

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

A fonte utilizada foi o Roundup Original (nome comercial), cuja formulação corresponde a seguinte composição: Sal de Isopropilamina de N - (fosfonometil) glicina 480 g L^{-1} (48,0% m/v), Equivalente ácido de N - (fosfonometil) glicina (glifosato) 360 g L^{-1} (36,0% m/v), Ingredientes Inertes de 684 g L^{-1} (68,4% m/v). As aplicações de Mn nos experimentos I e II ocorreram em 07 e 22/12, respectivamente nos estádios V5 e V9. A fonte utilizada apresentava as seguintes características: Produto líquido a base de sulfato de Mn quelatizado com EDTA, contendo 20% de Mn e densidade de $1,65 \text{ g.L}^{-1}$.

3.5 Manejo fitossanitário

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

3.6 Avaliações

3.5.1 Análise de fluorescência da clorofila

No florescimento pleno da cultura (estádio R2), respeitando-se o intervalo de sete dias entre a última aplicação de Mn foi analisado a fluorescência da clorofila na superfície superior das folhas, em ambos experimentos. Para isso, utilizou-se o aparelho Multi-Mode Chlorophyll Fluorometer OS5p (Opti-Sciences) - Fluorômetro, que avalia o efeito dos tratamentos sobre a taxa de caminamento dos elétrons (ETR), isso permite uma análise detalhada da fitossanidade pontual de cada material após a aplicação dos tratamentos. Com o fluorômetro é possível registrar o comportamento da fase inicial da fotossíntese, que é o transporte de elétrons no PSII (como o fotossistema II, P680), nos cloroplastos e em bactérias púrpuras não sulfurosas. A fonte

de luz utilizada para medir a fluorescência foi a de iodo com pico de luz vermelha no comprimento de onda de 660 nm, sendo bloqueadas radiações maiores que 690 nm. Os sinais ópticos são transferidos para a superfície da folha por uma trifurcação personalizada de fibra óptica, sendo de 2 cm² a área iluminada. A luz reemitida é conduzida via fibra óptica para o aparelho por meio de três conectores, que são ligados na lateral do OS5p. As análises foram feitas conforme a metodologia de Araldi et al. (2011), Genty et al. (1989) e Moretti (2011). Assim foram avaliadas três folhas por planta, em três plantas distintas, a partir da 3ª folha do ápice para a base. Foram realizadas medidas em dois pontos distintos, em torno de 08:00 e 16:00 horas. Para cada planta foi considerada a média das três medidas, sendo os valores apresentados em $\mu\text{Mols m}^{-2} \text{s}^{-1}$ que corresponde a taxa de elétrons refletidos.

3.5.2 Avaliações fisiológicas

A capacidade de fixação de nitrogênio e a influência do glifosato sobre o sistema simbiótico foi avaliada nos Experimentos I e II pela quantificação localizada de ureídeos em folhas, bem como a relação entre aminoácidos solúveis totais e proteína. Folhas maduras, completamente expandidas, foram coletadas em R2 (06-01-2013). Coletou-se três folhas por planta, a partir da 3ª folha, do ápice para a base, utilizando-se três plantas distintas. O horário de coleta foi simultâneo às medidas de fluorescência, no segundo ponto de medida. O conteúdo de compostos nitrogenados solúveis foi extraído de acordo com o descrito por Bielski e Turner (1966).

Para 1g de material fresco, acrescentou-se 10 mL de solução MCW (60% metanol, 25% clorofórmio e 15% H₂O). O material foi triturado com auxílio de um homogenizador de tecidos tipo Polytron e em seguida centrifugado. Após centrifugação, acrescentou-se 1 mL clorofórmio + 1,5 mL H₂O, para cada 4 mL sobrenadante, e agitou-se vigorosamente por inversão. Aguardou-se a separação de fases e utilizou-se a fase hidrossolúvel para análise de compostos nitrogenados (aminoácidos e ureídeos).

O precipitado foi ressuspensionado em solução NaOH 0,1 M, a uma relação de 10 mL de solução para cada grama de amostra (tecido fresco); após homogeneização, a amostra foi centrifugada e o sobrenadante utilizado para quantificação de proteínas.

3.5.2.1 Dosagem de compostos nitrogenados

Foi avaliada a concentração de aminoácidos solúveis totais, ureídeos (alantoína e ácido alantóico), e proteínas, de acordo com o descrito a seguir.

Aminoácidos Solúveis Totais

Neste caso foi utilizado o método de Yemm e Cocking (1955) para quantificar as variações na concentração de aminoácidos solúveis totais presentes no tecido foliar.

Do extrato de tecido devidamente diluídos em água, em volume final de 1 mL, juntou-se 500 μ L tampão citrato e 200 μ L solução ninhidrina 5% em éter monometílico de etilenoglicol + 1 mL solução KCN 0,0002 M. O ensaio foi aquecido a 100°C (banho-maria com água fervente) por 20 minutos e, após, resfriado por 10 minutos em água corrente. Acrescentou-se 1 mL de álcool etílico 60%, seguindo-se a leitura em espectrofotômetro em $\lambda = 570$ nm. A concentração de aminoácidos solúveis totais foi estimada com base em curva padrão de solução glicina (0 a 500 micromoles).

Ureídeos (Alantoína e Ácido Alantóico)

Para a análise de Ureídeos foi utilizado o método de Vogels e Van Der Drift (1970) o qual quantifica-se as variações na concentração de ureídeos (alantoína e ácido alantóico) presentes no tecido foliar.

O ensaio consistiu em duas fases:

Fase 1: Em tubos de ensaio, adicionou-se 1 gota de fenilhidrazina, 250 μ L da amostra, 500 μ L H₂O destilada e 250 μ L de NaOH 0,5 M. O ensaio foi aquecido em banho-maria a 100 °C durante oito minutos e, em seguida, resfriado à temperatura ambiente. Nesta fase (hidrólise alcalina) a alantoína foi hidrolisada a ácido alantóico.

Fase 2: Foi adicionado 250 μ L de HCl 0,65 N e novamente aquecido a 100°C durante quatro minutos, (hidrólise ácida) quando ocorreu a hidrólise do ácido alantóico para glioxilato. O ensaio foi resfriado à temperatura ambiente e, então, foi adicionado 250 μ L de tampão fosfato pH 7,0 0,4 M e 250 μ L de solução de fenilhidrazina 0,33%. Após cinco minutos à temperatura ambiente, incubou-se o ensaio em banho de gelo por cinco minutos.

Acrescentou-se 1,25 mL de HCl concentrado previamente gelado e 250 µL de solução de ferrocianeto de potássio ($K_3Fe(CN)_6$) 1,65%.

Em seguida retirou-se do banho de gelo e, após quinze minutos à temperatura ambiente, seguiu-se leitura em espectrofotômetro em $\lambda = 535$ nm. A concentração de ureídeos foi estimada com base em curva padrão de solução alantoína (de 0 a 125 nanomoles).

Proteína Solúvel Total

Para as análises de proteína solúvel total foi utilizado o método de Bradford (1976) que quantifica-se as variações na concentração e proteínas presentes no tecido foliar.

Da fração hidróxido de sódio, à uma alíquota de 0,1 mL foi adicionado 5 mL de solução de BRADFORD. Após cinco minutos, seguiu-se leitura em espectrofotômetro em $\lambda = 595$ nm. A concentração de proteínas foi avaliada utilizando-se curva padrão de solução BSA (de 0 a 0,092 µg).

3.5.2.2 Análise de clorofila a, b

Conjuntamente, foi avaliado o conteúdo de clorofila a, b e carotenóides (HISCOX; ISRAELSTAM, 1979).

O tecido foliar foi cortado em tiras finas (1 mm) até obter 50 mg. O material vegetal foi colocado em tubo de ensaio com 7 mL de DMSO (dimetil-sulfóxido), com tampa de rosca ou coberto com bolas de vidro. Em seguida, levado ao banho-maria a 65°C por trinta minutos e depois deixado a resfriar no escuro. A leitura foi realizada em espectrofotômetro. O conteúdo dos pigmentos foi obtido a partir das equações propostas por Arnon (1949) conforme segue:

$$C_a = (12,70 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645})$$

$$C_b = (22,90 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663})$$

$$C_a + C_b = (20,20 \times A_{646}) + (8,02 \times A_{663})$$

3.5.3 Avaliação do estado nutricional das plantas

No estágio R2 (florescimento pleno) da cultura (06-01-2013) nos Experimentos I e II foram coletados na área útil de cada parcela, trinta folhas totalmente desenvolvida, sendo esta a 3ª folha do ápice na haste principal, conforme metodologia descrita por RAIJ et al. (1996). No total, aleatoriamente foi coletado em cada parcela trinta folhas, as quais foram levadas ao laboratório,

lavadas com água corrente e detergente a 1% e posteriormente em água destilada e deionizada. O material foi acondicionado em sacos de papel e colocado para secar em estufa de circulação e renovação de ar forçado a 60-70 °C até massa constante. Após secas, as folhas foram moídas, em moinho tipo Willey, para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn, de acordo com a metodologia de Malavolta et al. (1997).

3.5.4 Características agronômicas e produtividade de grãos

No estágio R8 (12/03/2013), foi realizada a coleta de material para avaliação das características agronômicas e produtividade de grãos nos Experimentos I e II. Para as avaliações foram coletadas uma amostra aleatória de dez plantas seguidas em uma das três linhas centrais de cada parcela. Essas plantas, após a identificação, foram levadas ao laboratório para as avaliações de altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, números de vagens e número de grãos por planta.

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

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

3.5.5 Análises econômicas

Para avaliar a análise econômica dos tratamentos aplicados nos Experimentos I e II, utilizou-se a técnica da orçamentação parcial, detalhada em Noronha (1987). A orçamentação parcial é utilizada para analisar decisões que envolvem modificações parciais na organização de uma atividade produtiva. Procura-se comparar os acréscimos de custos com os de benefícios da decisão. A melhor alternativa será aquela que oferecer maiores benefícios líquidos ou

margens de ganho maiores. Esta técnica foi utilizada por outros autores em análises de experimentos (BINOTTI et al., 2010; TEIXEIRA FILHO et al., 2010; SILVA et al., 2013).

Para cada tratamento foram determinadas as receitas, os custos adicionais do uso do glifosato e do Mn e o valor da produção marginal. De acordo com a produção média de grãos de cada tratamento, calculou-se o acréscimo de produção proporcionado pelo uso do glifosato e Mn em relação à testemunha (sem glifosato e Mn). Segundo o IEA - Instituto de economia agrícola (2013), o preço de mercado em março de 2013 do glifosato era de R\$ 11,00/L, e o preço do Mn de R\$ 35,00/ litro. O valor de produção marginal em cada tratamento foi obtido multiplicando-se a produtividade adicional pelo preço recebido pelos produtores de soja do Estado de São Paulo. Devido a região de estudo fazer divisa com o Estado de São Paulo (Selvíria-MS), utilizou-se os preços médios da soja pagos aos produtores praticados no mercado paulista em 2013 ou seja R\$ 52,00/saca de 60 kg (IEA, 2013).

O custo da aplicação estimado em R\$ 90,00 a hora máquina (aluguel), sendo o coeficiente técnico de 1,00 HM ha⁻¹, ou seja, R\$ 90,00 ha⁻¹.

A margem de ganho foi obtida pela subtração do valor da produção marginal com o custo marginal do uso do glifosato e/ou do Mn, para cada tratamento.

3.5.6 Análises estatísticas

Nos experimentos, os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do programa computacional SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O efeito do glifosato e Mn sobre parâmetros da fotossíntese: Concentração de Clorofila e emissão de fluorescência

Pelos dados apresentados na Tabelas 5, observa-se que não ocorreram variações na concentração de clorofilas *a* e *b* no cultivar BRS Valiosa RR em resposta aos diferentes tratamentos, considerando doses de glifosato (g i.a. ha^{-1}), doses de Mn (g ha^{-1}) nos diferentes estádios de aplicação (Experimento I). Apesar de observarmos pequenas oscilações do ETR ocorridas no período avaliado, como não houve diferença estatística entre os tratamentos, considerar-se que estas devem-se às capacidade fotossintética das plantas, estresses bióticos ou abióticos pelos quais as plantas podem passar como temperatura, radiação, deficiência hídrica, salinidade, presença de insetos ou fungos, dentre outros que afetam a capacidade fotossintética (BOWN et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2002). O mesmo resultado também foi obtido por Wagner e Junior (2014), testando diferentes cultivares de soja resistentes ao glifosato e suas isogênicas não resistentes, onde o parâmetro fluorescência não foi alterado com a aplicação do herbicida glifosato.

Kitchen et al. (1981) observaram efeito prejudicial causado pelo glifosato na síntese de ácido δ -aminolevulinico (ALA), um precursor na biossíntese de clorofilas *a* e *b*, pois as duas enzimas responsáveis por sua biossíntese, a catalase e a peroxidase são muito sensíveis à deficiência de ferro (MARSH, 1963), que é um dos elementos que pode ser quelado pelo glifosato. Cloroplastos são danificados pelo glifosato (PIHAKASKI; PIHAKASKI, 1980) e a função do cloroplasto é sensível à deficiências de Mn e Zn, ambos micronutrientes que podem sofrer interferência do glifosato (HOMANN, 1967). No entanto, conforme os dados apresentados na Tabela 5, a aplicação do glifosato na dosagem de $720+720 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ em V3 e V7, e Tabelas 5 e 6 seguida de $1440 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ em V7 submetidas aos tratamentos com adubação foliar de Mn em estádios V5+V9 com dosagens de $175+175 \text{ g ha}^{-1}$ e Mn em estádios V5 com dosagens de 350 g ha^{-1} , o ETR aumentou proporcionalmente com todas as doses destes tratamentos quando comparados com a testemunha do glifosato (Tabela 5).

A fluorescência emitida pelas clorofilas *a* e *b* reflete as atividades fotossintéticas de uma maneira muito complexa (KRAUSE; WEIS, 1991). A energia luminosa usada na fotossíntese pode ser dissipada como calor, e/ou re-emitida como luz de longo comprimento de ondas, sendo este último processo conhecido como fluorescência (LICHTENTHALER; MIEHÉ, 1997). Quando se faz a análise de mudanças na fluorescência da clorofila ($\mu\text{Mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), por meio do fluorômetro, é possível determinar se houve a inibição do transporte de elétrons pelo herbicida, bem como relacionar essa mudança com a taxa de absorção do herbicida e/ou concentração aplicada (RICHARD Jr. et al., 1983). Atualmente a técnica permite medir este processo e utilizar este parâmetro como uma ferramenta importante na pesquisa aplicada da fisiologia vegetal, que permite fazer um acompanhamento dos eventos fotossintéticos, e inclusive julgar o estado fisiológico da planta (SNEL et al, 1991). Por outro lado, o herbicida pode influenciar a atividade fotossintética *versus* emissão de fluorescência, como também a concentração das duas formas de clorofila presente nos tecidos verdes (clorofilas *a* e *b*), daí o porque da análise dos pigmentos.

Tabela 5 - Valores médios de fluorescência da clorofila (ETR) e conteúdo de clorofilas *a* e *b*, em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	ETR	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>
	μMols m ⁻² s ⁻¹	micromoles/gMF	
Doses Glifosato			
0	110,0	11,9	17,9
720+720 (V3+V7)	113,3	12,5	17,8
1440 (V7)	113,0	12,5	15,9
Doses Mn			
0	112,0	12,1	17,2
175+175 (V5+V9)	112,0	11,7	19,9
350 (V5)	112,3	13,1	14,5
F calculado (Fc)			
Glifosato (G)	0,23 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,45 ^{ns}
Mn	0,00 ^{ns}	1,23 ^{ns}	2,45 ^{ns}
GxMn	3,77*	2,88 ^{ns}	0,54 ^{ns}
Média	112,1	12,3	17,2
C.V.%	5,20	7,14	13,87

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

* Significativo 5% de probabilidade.

ns - não significativo.

Segundo Zobiole et al. (2010) a fotossíntese de plantas superiores, em geral, e a evolução fotossintética do O₂, no Fotossistema II, em particular, são os processos que

respondem mais sensivelmente à deficiência de Mn. Quando a deficiência de Mn torna-se severa, o conteúdo de clorofila diminui e a ultra-estrutura dos tilacóides muda drasticamente. O Mn age como um cofator, ativando cerca de 35 diferentes enzimas, comandando desde a biossíntese de aminoácidos aromáticos até a de produtos secundários, como lignina e flavonóides. Baixas concentrações de lignina e de flavonóides em tecido deficiente em Mn são responsáveis também pela diminuição na resistência às doenças (Rizzardi et al., 2003; Gordon, 2006; Gordon, 2007; Rahe, 2007).

Na análise de interação entre os fatores por meio do desdobramento de doses de glifosato x doses de Mn da análise de fluorescência da clorofila, (Tabela 6), indica que a ETR é um fator importante a ser analisado sendo que esta avaliação foi significativa no tratamento com aplicação de glifosato nas dosagens de 1440 g i.a. ha⁻¹ parcelada ou em única dose em estádio V7 ou em V3+V7, submetidas aos tratamentos com adubação foliar de Mn em estádios V5+V9 com dosagens de 175+175 g ha⁻¹ diferenciaram e apresentaram valores de 22,33% (95,6) na sua taxa de transporte de elétrons, podendo ter demonstrado sua resistência ao herbicida aplicado, pois estes não diferiram entre si apresentando médias estatisticamente semelhantes, mesmo existindo as poucas variações nos resultados deve-se considerar que este herbicida é inibidor de fotossíntese, com características de diminuir sua taxa de transporte de elétrons (ETR).

Tabela 6 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para fluorescência da clorofila em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.

Doses Glifosato	Doses Mn		
	0	175+175 (V5+V9)	350 (V5)
0	119,9 Aa	95,6 Bb	114,4 Aa
720+720 (V3+V7)	115,9 Aa	118,2 Aa	105,9 Aa
1440 (V7)	100,2 Aa	123,1 Aa	115,7 Aa

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

No experimento II os tratamentos estudados em diferentes dosagens de glifosato de 720 (V3), 720+720 (V3+V7), 1440 (V3), 1440 (V7), 720+1440 (V3+V7) g i.a. ha⁻¹ e a aplicação de 350 g ha⁻¹ de Mn em (V5) com seus respectivos estádios apresentaram as principais diferenças dos tratamentos no Experimento I que apresentam dosagens de glifosato de 720+720 (V3+V7), 1440 (V7) g i.a. ha⁻¹ juntamente com 175+175 (V5+V9), 350 (V5) g ha⁻¹ de Mn em

estádios diferentes. Observa-se que no Experimento II houve variação na emissão de fluorescência da clorofila (ETR) para este estudo apresentaram diferenças estatísticas significativas, para os tratamentos com as dosagens de Mn submetidas com adubação foliar de 0 g ha⁻¹ (133,7) e 350 g ha⁻¹ (139,7) de Mn em estádios e V5, o qual este apresentou o maior valor (Tabela 7). No entanto, não houve, assim como observado no Experimento I, variação na concentração de clorofilas *a* e *b* (micromoles/gMF), apesar de verificar-se pequenas alterações, estas não diferindo estatisticamente.

Em alguns trabalhos foi confirmado que quando há inibição da ETR nas plantas, ocorre o comprometimento da taxa de assimilação de carbono pela não formação de ATP e NADPH nos cloroplastos das plantas, sendo que, ao final, com a diminuição da fotossíntese líquida induzida pela ação de herbicida, o balanço de carbono da folha tende a ser cada vez menos positivo até o esgotamento da planta (ZOBIOLE et al., 2010).

Tabela 7 - Valores médios de fluorescência da clorofila (ETR) e conteúdo de clorofilas *a* e *b*, em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	ETR	Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>B</i>
	μMols m ⁻² s ⁻¹	micromoles/gMF	
Doses Glifosato			
0	141,1	13,5	21,8
720 (V3)	142,4	11,0	17,8
720+720 (V3+V7)	133,4	12,0	18,1
1440 (V3)	133,9	14,6	25,7
1440 (V7)	135,5	12,3	21,6
720+1440 (V3+V7)	134,0	13,6	16,6
Doses Mn			
0	133,7	12,4	20,5
350 (V5)	139,7	13,2	20,0
F calculado (Fc)			
Glifosato (G)	1,70 ^{ns}	0,97 ^{ns}	1,38 ^{ns}
Mn	5,81*	0,71 ^{ns}	0,11 ^{ns}
GxMn	0,99 ^{ns}	2,52 ^{ns}	3,26 ^{ns}
Média	136,7	12,8	20,3
C.V.%	12,75	12,13	16,91

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

* Significativo 5% de probabilidade.

ns - não significativo.

4.2 O efeito do glifosato e Mn sobre parâmetros do metabolismo de nitrogênio (fixação biológica e conteúdo de ureídeos, aminoácidos e proteínas)

De acordo com Camargos (2007) vários autores sugerem o acúmulo de ureídeos em tecidos, folhas e nódulos está relacionado com a capacidade de fixação, mas também com a resposta sensível ao estresse causado por seca (SILNCLAIR et al., 2003; PURCELL et al., 2004). Esta hipótese sugere que o aumento de ureídeos ou aminoácidos em folhas ou nódulos coincide com a redução na fixação de nitrogênio e que a recuperação da fixação depende do reestabelecimento da concentração inicial dos compostos nitrogenados que regulam a fixação (KING; PURCELL, 2005). King e Purcell (2005), trabalhando com cultivares de soja tolerante e suscetível à seca em relação à fixação, observaram que no cultivar Jackson, tolerante, os ureídeos em folhas se mantêm baixos; no entanto, o cultivar KS4895 apresentava altos teores de ureídeos em folhas ou asparagina em nódulos, e a fixação não foi inibida.

Tabela 8 - Valores médios de ureídeos totais, ácido alantoico, alantoina, aminoácidos e proteínas. em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	Ureídeos totais	Ácido alantoico	Alantoina	Aminoácidos	Proteínas
	nanomoles/gMF		micromoles/gMF		mg/gMF
Doses Glifosato					
0	1840,6	1118,8	721,4	31,0	3,0
720+720 (V3+V7)	2225,9	1308,5	917,4	34,3	2,9
1440 (V3)	2374,3	1663,9	710,4	31,7	2,0
Doses Mn					
0	2042,4	1221,2	806,4	32,6	2,6
175+175 (V5+V9)	2094,8	1372,8	722,0	34,9	2,8
350 (V5)	2303,6	1497,2	821,1	29,5	2,4
F calculado (Fc)					
Glifosato (G)	2,88 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,32 ^{ns}
Mn	0,72 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,29 ^{ns}
GxMn	1,28 ^{ns}	1,39 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,46 ^{ns}	0,68 ^{ns}
Média	2146,9	1363,7	783,2	32,4	2,6
C.V.%	22,67	17,09	20,89	14,48	20,84

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

* Significativo 5% de probabilidade.

ns - não significativo.

Em leguminosas como a soja, as quais transportam o nitrogênio na forma de alantoina para a parte aérea, sua metabolização de ureídeos nas folhas e na película da semente é catalisada por uma enzima que tem necessidade absoluta de Mn. Os ureídeos respondem pela maior parte do N transportado na seiva do xilema para a parte aérea da soja. Assim, a deficiência de Mn no tecido e o estresse por seca podem aumentar a concentração de ureídeos na parte aérea, sinalizando redução da fixação biológica de nitrogênio.

Quando analisamos os metabolitos relacionados à fixação biológica (ureídeos totais, ácido alantoico, alantoina) e metabolização de nitrogênio (aminoácidos e proteínas), não observamos efeito do glifosato e Mn, isolado ou em interação diferença significativa entre a maioria dos tratamentos (Tabela 8), apesar destes para os tratamentos com aplicação de glifosato na dosagem de 1440 g i.a. ha⁻¹ em V3 (2374,3) e (1663,90), submetida ao tratamento sem a adubação foliar de Mn com dosagens de 350 g ha⁻¹ em V5 (2303,6) e (1497,2) mesmo não diferenciando entre os demais, apresentaram valores mais elevados quanto à concentração de ureídeos totais e ácido alantoico sugerindo que o aumento de ureídeos ou aminoácidos em folhas ou nódulos coincide com a redução na fixação de nitrogênio e que a recuperação da fixação depende do reestabelecimento da concentração inicial dos compostos nitrogenados que regulam a fixação. Deve-se relatar também que para a interação entre os fatores de doses de glifosato x doses de Mn nestas análises, não houve diferença significativa entre eles.

Na Tabela 9 já no Experimento II constatou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos, com aplicação de glifosato na dosagem de 1440 g i.a. ha⁻¹ em V3 (4276,7) e (2805,1), submetida ao tratamento sem a adubação foliar de Mn com dosagens de 350 g ha⁻¹ (3259,9) e (2805,1) em estágio V5 diferenciando estatisticamente entre os demais, apresentaram maiores concentrações de ureídeos totais e ácido alantoico (nanomoles/gMF), apresentando comportamento idêntico/similar ao observado no Experimento I com aplicação de glifosato na dosagem de 1440 g i.a. ha⁻¹ em V3 (2374,3) e (1663,9), submetida ao tratamento sem a adubação foliar de Mn com dosagens de 350 g ha⁻¹ em V5 (2303,6) e (1497,2) mesmo não diferenciando entre os demais apresentados na Tabela 8, o que confirma a hipótese de acordo com Camargos (2007) que sugere que o aumento de ureídeos ou aminoácidos em folhas ou nódulos coincide com a redução na fixação de nitrogênio e que a recuperação da fixação depende do reestabelecimento da concentração inicial dos compostos nitrogenados que regulam a fixação, ou que, o aumento do acúmulo de ureídeos pode ser indicativo de estresse, assim como o que ocorre em relação à seca.

Quando foram analisados os tratamentos observou-se que a concentração de ureídeos totais em plantas que receberam dose de 1440 (g i. a. ha⁻¹) de glifosato no estágio V3 foi o que demonstrou a maior média (4276,7) diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, como não, há indícios de efeito negativo sobre a capacidade de fixação biológica nesta situação, o acúmulo de ureídeos nesta situação pode sugerir resposta positiva ao estresse causado pela exposição ao glifosato o que é corroborado pelo aumento na emissão de fluorescência da clorofila observado nesta situação na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores médios de ureídeos totais, ácido alantoico, alantoina, aminoácidos e proteínas. em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	Ureídeos totais	Ácido alantoico	Alantoina	Aminoácidos	Proteínas
	nanomoles/gMF		micromoles/gMF		mg/gMF
Doses Glifosato					
0	2309,8	930,5	1379,3	31,0	0,7
720 (V3)	2316,3	1177,8	1138,5	35,6	0,7
720+720 (V3+V7)	2555,4	958,0	1597,4	48,0	0,9
1440 (V3)	4276,7	2805,1	1465,6	53,1	1,0
1440 (V7)	2669,7	1297,9	1371,8	53,1	1,3
720+1440 (V3+V7)	2151,4	1030,5	1120,8	36,7	0,7
Doses Mn					
0	2164,5	876,4	1288,1	34,5	0,9
350 (V5)	3259,9	1856,9	1403,0	51,3	0,9
F calculado (Fc)					
Glifosato (G)	8,36*	3,72*	1,46 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,99 ^{ns}
Mn	24,37*	14,58*	0,27 ^{ns}	3,70*	0,02 ^{ns}
GxMn	13,17*	5,99*	2,141 ^{ns}	1,99 ^{ns}	1,19 ^{ns}
Média	2712,2	13,6	1345,6	42,9	0,9
C.V.%	24,54	24,51	16,36	28,21	17,88

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

* Significativo 5% de probabilidade.

ns - não significativo.

Para os tratamentos com as dosagens de Mn submetidas com adubação foliar houve diferença significativa, sendo que o Mn na dose de 350 g ha⁻¹ (3259,9) em estágio V5 apresentou o maior valor, diferindo da dosagem 0 g ha⁻¹ de Mn (2164,5) (Tabela 9). As análises referentes ao ácido alantoico nos tratamentos indicaram que a dose de 1440 (g i. a. ha⁻¹) de glifosato no estágio V3 foi que influenciou positivamente o acúmulo desta forma de ureídeos (2805,1) diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Nos tratamentos com as dosagens de Mn foi observado que houve diferença significativa, sendo que o Mn na dose de 350 g ha⁻¹ (1856,9) em estágio V5 apresentou o maior valor, diferindo da dosagem 0 g ha⁻¹ de Mn (876,4) (Tabela 9). Em outras situações que, embora sem a redução da capacidade total de fixação de nitrogênio em leguminosas, algum grau de estresse no sistema simbiótico, também foi observado variação qualitativa na forma de ureídeos presente no tecido (alantoina ou ácido alantoico) não havendo uma explicação clara para esta alteração (CAMARGOS, 2007).

Observa-se que plantas que receberam os tratamentos com a dose de 350 g i. a. ha⁻¹ de Mn nos estádios V5 (3676,0) e (3520,8) proporcionaram maiores valores médios de concentração de ureídeos totais e diferindo estatisticamente quando comparado com os

tratamentos com doses 0 g i. a. ha⁻¹ (1865,5) e (1818,6) de Mn (Tabela 10). Doses de glifosato, independente do estágio (V3 ou V7) promoveu maior acúmulo de ureídeos na presença de Mn.

Tabela 10 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para ureídeos totais em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.

Doses Mn	Doses Glifosato					
	0	720 (V3)	720+720 (V3+V7)	1440 (V3)	1440 (V7)	720+1440 (V3+V7)
0	2468,2Aa	2056,5Aa	2422,1Aa	1865,5Ba	1818,6Ba	2356,5Aa
350 (V5)	2151,4Ab	2576,2Ab	2688,8Ab	3676,0Aa	3520,8Ab	1946,3Ab

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

Com relação ao desdobramento da interação entre os fatores de doses de glifosato x doses de Mn da concentração de ácido alantoico (Tabela 11), no tratamento com aplicação de glifosato na dosagem de 1440 g i.a. ha⁻¹ em V3, submetidas aos tratamentos com adubação foliar de Mn em estádios V5 com dosagens de 350 g ha⁻¹ proporcionaram diferenciaram maiores concentração de ácido alantoico em relação a todos outros demais (1896,5), podendo esta adição de Mn ter afetado estas concentrações.

Tabela 11 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para ácido alantoico em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.

Doses Mn	Doses Glifosato					
	0	720 (V3)	720+720 (V3+V7)	1440 (V3)	1440 (V7)	720+1440 (V3+V7)
0	836,0Aa	1020,7Aa	786,9Aa	713,8Ba	817,5Aa	977,8Aa
350 (V5)	1024,9Ab	1334,9Ab	1129,0Ab	1896,5Aa	1778,2Ab	1083,3Ab

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

4.3 Avaliações do estado nutricional das plantas

Com relação aos resultados apresentados dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S, do Experimento I, verifica-se que os teores dos nutrientes não variaram significativamente em função dos tratamentos utilizados. O não efeito dos tratamentos também foi verificado para os teores foliares de Fe, Mn e Zn (Tabela 13). Os valores observados, segundo Embrapa (2013), foram considerados altos para os nutrientes N, P, S, Fe e Mn e suficientes para quanto aos teores de K, Ca, S e Zn.

Tabela 12 - Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.

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

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

ns - não significativo.

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

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

Os maiores teores foliares de Mn foram observados quando a adubação foliar foi realizada em estágio V5 (350 g ha⁻¹) (133,3 mg kg⁻¹), e com aplicação de glifosato nas dosagens de (720+720 g i.a. ha⁻¹) nos estádios V3 e V7 (1440 g i.a. ha⁻¹). No entanto, não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, na comparação entre doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn (Tabela 13). Provavelmente o teor de Mn existente no solo (49,0 mg dm⁻³) da área experimental, considerado muito alto segundo Embrapa (2012), foi suficiente para ter um teor adequando na folha, em avaliação no florescimento pleno, mesmo em plantas submetidas a aplicação de glifosato.

O Mn tem importantes funções na planta, destacando-se a participação na fotossíntese (evolução do O₂ e fotólise da água), no metabolismo do nitrogênio (redução sequencial do nitrato) e também hormonais (auxinas), fenóis e ligninas (HEENAN; CAMPBELL, 1980). O acúmulo de Mn ocorre, particularmente, nas células periféricas da folha e do pecíolo (MARENCO; LOPES, 2005). Esse elemento é absorvido como Mn⁺² e é transportado pelo xilema até a parte aérea. O Mn compete e reduz a absorção de outros elementos, principalmente a de Ca⁺², Mg⁺², Fe⁺² e, em menor grau, a de K⁺. Consequentemente, a deficiência de cálcio é um dos efeitos da toxidez de Mn, porém a alta disponibilidade de NH₄⁺ no solo pode reduzir a absorção de Mn⁺²; assim, a toxidez de Mn é menos severa quando o nitrogênio é fornecido como NH₄⁺ (MUKHOPADHYAY; SHARNA, 1991). Gordon (2007) relatou que o gene adicionado na soja transgênica pode ter alterado outros processos fisiológicos na planta e que o glifosato pode retardar a absorção e a translocação do Mn na planta ou ter efeito adverso nas populações de microrganismos do solo responsáveis pela redução do elemento na forma disponível para a planta. O somatório desses efeitos exigiria a adição suplementar de Mn, no período adequado, para evitar a deficiência e resultar em produtividades maiores de soja.

Tabela 13 - Teores foliares de Fe, Mn e Zn (mg kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.

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

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

ns - não significativo.

Avaliando-se os resultados do Experimento II apresentados nas Tabelas 14 e 15, referente aos teores foliares de macro e micronutrientes em folhas de soja, em função de doses e épocas de aplicação de glifosato, na presença e ausência de aplicação foliar de Mn, verifica-se que os tratamentos não alteraram os teores foliares dos nutrientes, semelhante ao observado no Experimento I (Tabelas 12 e 13).

O pH (5,0) do solo do experimento proporcionou maior quantidade de Mn disponível, o que se reflete no maior teor foliar de Mn nas plantas cultivadas. Para o teor foliar de Mn na fase de florescimento da cultura, não se constatou diferença estatística para o efeito do glifosato e dose deste micronutriente aplicado no estádio (Tabela 15). É importante ressaltar que o Mn disponível para 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).

Em relação a todos os tratamentos, os teores de Mn mais elevados ($188,7 \text{ mg kg}^{-1}$) foram observados quando a pulverização com este micronutriente foi parcelada no estádio V3 em dosagem de $720 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ nos estádios da soja RR, chegando a atingir valores 6,8 % superior ao da testemunha ($176,5 \text{ mg kg}^{-1}$) (Tabela 15). No entanto, quando o Mn ($175,0 \text{ mg kg}^{-1}$) foi aplicado em dosagens $720+1440 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ nos estádios V3 e V7 esse efeito não foi tão discrepante, ou seja, apesar do aumento no teor foliar de Mn, esse incremento foi muito inferior.

Tabela 14 - Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S (g kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
(g kg ⁻¹)						
Doses Glifosato						
0	45,9	4,4	19,9	6,4	3,6	2,7
720 (V3)	46,7	4,1	18,3	6,3	3,4	2,8
720+720 (V3+V7)	47,1	4,2	18,3	6,6	3,7	2,9
1440 (V3)	49,5	4,2	18,3	6,3	3,3	2,6
1440 (V7)	50,2	4,1	17,8	6,1	3,3	2,7
720+1440 (V3+V7)	42,8	4,2	18,4	6,5	3,4	2,6
Doses Mn						
0	46,5	4,1	18,4	6,4	3,5	2,7
350 (V5)	47,5	4,3	18,2	6,4	3,4	2,8
F calculado (Fc)						
Glifosato (G)	1,59 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,46 ^{ns}
Mn	0,38 ^{ns}	3,32 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,73 ^{ns}
GxMn	0,06 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Média	47,0	4,2	18,3	6,4	3,5	2,7
C.V.%	12,53	7,03	8,34	12,97	13,44	15,26

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

ns - não significativo.

Tabela 15 - Teores foliares de Fe, Mn e Zn (mg kg^{-1}), em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	Fe	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)		
Doses Glifosato			
0	166,2	176,5	61,2
720 (V3)	161,2	188,7	68,7
720+720 (V3+V7)	161,2	173,7	70,0
1440 (V3)	153,7	162,5	55,0
1440 (V7)	161,2	161,2	56,2
720+1440 (V3+V7)	158,7	175,0	63,7
Doses Mn			
0	160,4	167,0	62,5
350 (V5)	160,4	175,8	62,5
F calculado (Fc)			
Glifosato (G)	0,43 ^{ns}	0,92 ^{ns}	2,39 ^{ns}
Mn	0,99 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,99 ^{ns}
GxMn	1,54 ^{ns}	0,89 ^{ns}	1,08 ^{ns}
Média	160,4	171,4	62,5
C.V.%	10,92	17,46	18,19

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

ns - não significativo.

O teor de Fe analisado não foi influenciado pela aplicação de Mn (Tabela 15). É possível que a variedade utilizada BRS Valiosa RR transgênica não tenha acumulado níveis suficientes de Mn para ocasionar inibição na absorção de Fe. De uma forma geral o teor de Fe não foi influenciado pela aplicação de glifosato (Tabela 15). A aplicação de glifosato em dosagens 720+1440 g i.a. ha⁻¹ nos estádios V3 e V7 da soja não alterou significativamente o teor foliar de Fe (158,7 mg kg⁻¹) em relação ao tratamento sem aplicação de Fe (166,2 mg kg⁻¹). Nos demais tratamentos com adubação foliar de Mn houve decréscimo no teor foliar de Fe, porém, sem diferenças significativas entre si 5% de probabilidade.

4.4 Avaliações das características agronômicas das plantas

As médias de altura de plantas, inserção da 1ª vagem, número de grãos por vagens, massa de 100 grãos e produtividade de grãos em função de épocas e doses de glifosato e/ou Mn aplicados na cultura da soja do Experimento I (Tabela 16). Verifica-se que apenas para o número de vagens por planta houve diferenças estatísticas significativas para os tratamentos com Mn.

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

Com relação ao números de vagens por planta verifica-se que doses e épocas de aplicação de glifosato não proporcionou alterações significativas, no entanto, a aplicação de 350 g ha⁻¹ de Mn, de forma parcelada, proporcionou maior número de vagens por planta, quando comparado com o tratamento de 0 g ha⁻¹ de Mn (Tabela 16).

Segundo Oliveira (2011), o número de vagens por planta também variou em função das variedades utilizadas, destacando-se as variedades BRS Valiosa RR e Vencedora com os maiores valores, diferindo estatisticamente da variedade Favorita com menores valores em estudo. Os valores observados por Marco (2009) para as variedades Favorita e BRS Valiosa RR quanto ao número de vagens por planta, foram de 45,8 e 51,2, respectivamente, valores estes semelhantes aos obtidos para BRS Valiosa RR (46,6) com aplicação de Mn, na dose de 350 g ha⁻¹ de Mn, de forma parcelada, o qual proporcionou maior número de vagens por planta no Experimento I (Tabela 16).

Tabela 16 - Valores médios de altura de plantas, inserção da 1ª vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento I. Selvíria-MS, 2013.

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

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

* Significativo 5% de probabilidade.

ns - não significativo.

O número de grãos por vagem também não foi influenciado pelos tratamentos e caracteriza a variedade BRS Valiosa RR com aproximadamente dois grãos por vagem. A massa de 100 grãos permaneceu inalterada em função dos tratamentos e o valor médio obtido foi de 14,8g (Tabela 16). De acordo com Arantes et al. (2010), a variedade BRS Valiosa RR, quando cultivada em Minas Gerais, próximo ao Vale do Rio Grande, e com data de semeadura e população de plantas recomendadas, apresentou altura de plantas e massa de 100 grãos próximo de 71 cm e 15,2g, respectivamente, valores estes próximos aos obtidos no presente experimento.

A produtividade de grãos não foi significativa pelos tratamentos utilizados. Apesar de ter sido observado toxidade nas plantas de soja com a aplicação do glifosato, isso não proporcionou menor desenvolvimento das plantas e produtividade de grãos (Tabela 16). Foloni et al. (2005) também não observaram alteração na produtividade de grãos de soja, variedade Soy 8888-RR com aplicação de glifosato em uma única vez ou em aplicação sequencial obteve 2910 kg ha⁻¹.

A média geral de produtividade de grãos foi próxima a média nacional e superior a média obtida no Estado do Mato Grosso do Sul, ou seja, respectivamente 2880 e 2900 kg ha⁻¹ para ano agrícola de 2014 (CONAB, 2014). Verifica-se um comportamento normal das plantas

que receberam a aplicação de glifosato, em função das produtividades obtidas, podendo isso ser o reflexo das condições ambientais presentes durante o desenvolvimento do experimento, teor muito alto de Mn no solo ou até mesmo não efeito negativo do glifosato. Santos et al. (2007) citaram que pode ocorrer efeito variável do glifosato sobre o desenvolvimento da soja resultante a este herbicida, em função da formulação utilizada.

As médias referentes às alturas de plantas, inserção da 1ª vagem, número de vagens por 10 plantas e massa de 100 grãos em função de épocas e doses de glifosato e Mn aplicados na cultura da soja do Experimento II (Tabela 17), não diferiu significativamente entre os tratamentos, porém o número de grãos por vagens e produtividade de grãos, apresentaram diferenças significativas.

Alguns autores quando estudaram as características agrônômicas referentes às alturas de plantas e de inserção da 1ª vagem na cultura da soja em experimento não encontraram diferenças para alturas de plantas (REZENDE et al., 2003). Alguns fatores podem causar redução na altura da planta, como, a menor quantidade de palha no início de plantio, com prejuízos ao estabelecimento da cultura da soja (SANTOS et al., 2007), liberação de substâncias inibidoras de crescimento e de desenvolvimento de soja durante a decomposição da palhada das culturas antecessoras (ALMEIDA, 2004; SANTOS et al., 2005). Os valores da altura de inserção da 1ª vagem (Tabela 17), exceto o tratamento com a aplicação de 0 g i.a. ha⁻¹ de glifosato, que mesmo não diferindo das demais, apresentou o menor valor médio. Referente a massa de 100 grãos, os tratamentos não foram influenciados pela aplicação foliar de Mn ou pela aplicação de glifosato não apresentando diferenças estatísticas significativas (Tabela 17).

O número de grãos por vagens, constatou-se diferença significativa entre os tratamentos estudados. De modo geral, o tratamento com a dosagem de 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato nos estádios V3 (1,9), apresentou a maior média, quando comparadas aos tratamentos com a dosagem de 720+1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato nos estádios V3+V7 (1,6) e com a dosagem 720 g i.a. ha⁻¹ de glifosato nos estádios V3 (1,6) (Tabela 17).

A produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) apresentou diferença estatística significativa (Tabela 17), analisando-se, houve maiores produtividades de grãos de soja para os tratamentos com a dosagem de 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato no estádio V3 e para o tratamento com a dosagem de 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato no estádio V7 (2885 kg.ha⁻¹, 2847 kg.ha⁻¹, respectivamente). Já o tratamento com a dosagem de 720+1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato nos estádios V3 e V7 (2257 kg.ha⁻¹), teve a menor produtividade e com valores estatisticamente diferentes, mas não diferindo dos demais. Albrecht et al. (2009a) caracterizaram diminuição significativa nas

produtividades, demonstraram que altas doses de glifosato podem diminuir componentes de produção..

Tabela 17 - Valores médios de altura de plantas, inserção da 1ª vagem, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de soja, em função de doses e épocas de aplicação de glifosato e Mn em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.

Tratamentos	Altura de Planta (cm)	Inserção 1ª vagem	Nº de vagens/planta	Nº de grãos/vagem	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Doses Glifosato						
0	85,4	16,6	37,8	1,7	14,9	2682
720 (V3)	85,7	16,8	34,8	1,6	14,3	2686
720+720 (V3+V7)	83,1	16,8	41,7	1,8	14,1	2530
1440 (V3)	83,5	17,1	42,9	1,9	13,8	2885
1440 (V7)	84,5	17,4	41,2	1,8	14,8	2847
720+1440 (V3+V7)	80,8	16,7	31,9	1,6	14,3	2257
Doses Mn						
0	84,8	17,0	38,5	1,8	14,4	2596
350 (V5)	82,9	16,7	38,3	1,9	14,3	2699
F calculado (Fc)						
Glifosato (G)	0,58 ^{ns}	0,13 ^{ns}	2,27 ^{ns}	3,18*	1,00 ^{ns}	3,72*
Mn	0,94 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,53 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,13 ^{ns}
GxMn	1,03 ^{ns}	2,59*	0,74 ^{ns}	2,15*	0,27 ^{ns}	0,89 ^{ns}
Média	83,8	16,9	38,3	1,9	14,4	2648
C.V.%	7,91	13,52	21,32	8,43	8,30	12,74

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

* Significativo 5% de probabilidade.

ns - não significativo.

Segundo Zobiolo et al. (2010), há evidências que sugerem que a produtividade da soja resistente a glifosato seja menor do que a das sojas convencionais. Muitos agricultores têm observado que tais produtividades, mesmo sob condições ótimas, não são tão elevadas, como esperado. É possível que a adição do gene que dá a resistência ao herbicida possa ter alterado outros processos fisiológicos. Zobiolo et al. (2010), explicaram que as aplicações de glifosato podem retardar o metabolismo do Mn na planta bem como ter um efeito adverso nas populações de microrganismos do solo que são responsáveis pela redução do Mn em forma disponível para a planta; e que a adição de Mn suplementar, no período adequado, pode corrigir os sintomas de deficiência e resultar em maiores produtividades de soja. Porém, isto não foi observado no presente estudo.

Nas Tabelas 18 e 19 constam as interações doses de glifosato x doses de Mn significativa para altura de inserção da 1ª vagem e para número de grãos por vagens em soja no Experimento II. A interação dos fatores de doses de glifosato x doses de Mn foram significativas para média inserção da 1ª vagem no Experimento II (Tabela 18). Observa-se que no tratamento com a dose de 350 g i. a. ha⁻¹ de Mn nos estádios V5 mostrou uma altura média da inserção da 1ª vagem menor (14,2) quando comparado com a dose de 0 g i. a. ha⁻¹ de Mn (19,1) diferindo estatisticamente apenas neste tratamento com glifosato. Entretanto, nos demais tratamentos apresentaram médias menores da inserção da 1ª vagem e sem diferenças entre eles.

Tabela 18 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para altura de inserção da 1ª vagem em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.

Doses Mn	Doses Glifosato					
	0	720 (V3)	720+720 (V3+V7)	1440 (V3)	1440 (V7)	720+1440 (V3+V7)
0	16,6Aa	17,2Aa	17,0Aa	16,3Aa	16,1Aa	19,1Aa
350 (V5)	16,6Aa	17,3Aa	17,5Aa	17,9Aa	18,7Aa	14,2Ba

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, de probabilidade.

Tabela 19 - Desdobramento da interação doses de glifosato x doses de Mn significativa para número de grãos por vagens em soja no Experimento II. Selvíria-MS, 2013.

Doses Mn	Doses Glifosato					
	0	720 (V3)	720+720 (V3+V7)	1440 (V3)	1440 (V7)	720+1440 (V3+V7)
0	1,7Aa	1,8Aa	2,0Aa	1,7Aa	1,9Aa	1,7Ba
350 (V5)	1,7Ab	1,5Ab	1,8Ab	1,8Ab	1,8Ab	2,0Aa

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

Obs.: médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, de probabilidade.

Quando estudado a interação dos fatores de doses de glifosato x doses de Mn foram significativas para número de grãos por vagens do Experimento II (Tabela 19). Constatou-se que para todos os tratamentos dentro do fator Mn quando comparado com a dose 0 g i. a. ha⁻¹ e a dose de 350 g i. a. ha⁻¹ de Mn nos estádios V5, este mostrou um maior número de grãos por vagens, entretanto no tratamento de 720+1440 g i. a. ha⁻¹ de glifosato nos estádios V3+V7 com

a dose de 350 g i. a. ha⁻¹ de Mn nos estádios V5 houve menor número de grãos por vagem em relação aos demais tratamentos.

4.5 Avaliações das análises econômicas

Nas Tabelas 20 e 21 constam os custos do insumo e sua aplicação (R\$ ha⁻¹), a produtividade (kg ha⁻¹), acréscimos de produtividade (kg ha⁻¹) e do valor da produção (R\$/ha) para cada tratamento estudado, isto é, considerando doses de glifosato (g i.a. ha⁻¹), doses de Mn (g ha⁻¹) e estágio de aplicação nos Experimentos I e II. Observa-se que o custo do insumo total mais elevado foi no tratamento com as doses de 720+720 g i. a. ha⁻¹ de glifosato nos estádios V3+V7 com a dose 175+175 g i. a. ha⁻¹ Mn nos estádios V5 + V9 (Experimento I) obtendo o valor de R\$ 441,10 ha⁻¹, seguido do tratamento com as doses de 720+1440 g i. a. ha⁻¹ de glifosato nos estádios V3+V7 com a dose de 350 g i. a. ha⁻¹ Mn nos estádios V5 (Experimento II) obtendo o valor de R\$ 373,10 ha⁻¹ (Tabela 20), com valor de total de produção inversamente proporcional ao acréscimo do valor da produção (R\$/ha) que obteve um valor de R\$ - 251,16 (Tabela 21), assim inviabilizando completamente a aplicação de glifosato no estágio V3+V7 associado ao Mn no estágio V5.

Pode-se ressaltar que o tratamento com as doses de 720+720 g i. a. ha⁻¹ de glifosato nos estádios V3+V7 e dose 350 g i. a. ha⁻¹ de Mn nos experimentos I e II obteve um custo de insumo no total de R\$ 351,10 ha⁻¹ (Tabela 20). Já os outros tratamentos sem a utilização de Mn, mas com o uso do glifosato na dose de 1440 g i. a. ha⁻¹ no estágio V7 ficaram com custo de insumo de R\$ 134,00 ha⁻¹ (Tabela 20).

A produtividade de grãos de soja variou de 2240 kg ha⁻¹ para o tratamento de glifosato 720+1440 g i.a. ha⁻¹ em estágio V3 e V7 na dose de 350 g ha⁻¹ de Mn (Experimento II) a 3026 kg ha⁻¹ para o tratamento de 720+720 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estágio V3+V7, na dose 350 g ha⁻¹ de Mn no Experimento I (Tabela 21). O acréscimo de produtividade foi maior para o tratamento 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estágio V3, na dose 0 g ha⁻¹ de Mn de 470 (kg ha⁻¹), isto é, um aumento de 18,56% acima da testemunha.

Tabela 20 - Custos do insumo e sua aplicação (R\$ ha⁻¹) em função de doses de glifosato (g i.a. ha⁻¹), doses de Mn (g ha⁻¹) e estágio de aplicação nos Experimentos I e II. Selvíria-MS, 2013.

Fontes	Tratamentos		Produção (kg ha ⁻¹)	Custos de insumo e sua aplicação		
	Doses de glifosato/ estádio	Doses de Mn/		Glifosato	Mn	Total
				2013	2013	2013
Experimento I	0	0	2694	----	----	----
Mn	0	350 (V5)	3006	000,00	127,10	127,10
Mn	0	175+175 (V5+V9)	3024	000,00	217,10	217,10
G	720+720 (V3+V7)	0	3020	224,00	000,00	224,00
G + Mn	720+720 (V3+V7)	350 (V5)	3026	224,00	127,10	351,10
G + Mn	720+720 (V3+V7)	175+175 (V5+V9)	2797	224,00	217,10	441,10
G	1440 (V3)	0	2940	134,00	000,00	134,00
G + Mn	1440 (V3)	350 (V5)	2886	134,00	127,10	261,10
G + Mn	1440 (V3)	175+175 (V5+V9)	2713	134,00	217,10	351,10
Experimento II	0	0	2529	----	----	----
Mn	0	350 (V3)	2834	0,00	127,10	127,10
G	720 (V3)	0	2509	112,00	000,00	112,00
G + Mn	720 (V3)	350 (V5)	2864	112,00	127,10	239,10
G	1440 (V3)	0	2999	134,00	000,00	134,00
G + Mn	1440 (V3)	350 (V5)	2771	134,00	127,10	261,10
G	720+720 (V3+V7)	0	2525	224,00	000,00	224,00
G + Mn	720+720 (V3+V7)	350 (V5)	2536	224,00	127,10	351,10
G	1440 (V7)	0	2740	134,00	000,00	134,00
G + Mn	1440 (V7)	350 (V5)	2955	134,00	127,10	261,10
G	720+1440 (V3+V7)	0	2275	246,00	000,00	246,00
G + Mn	720+1440 (V3+V7)	350 (V5)	2240	246,00	127,10	373,10

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

*G = Glifosato, Mn = Manganês

O segundo maior acréscimo de produtividade (426 kg ha⁻¹) foi obtido com a aplicação de 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estágio V7, e dose de 350 g ha⁻¹ de Mn em estágio V5 (Tabela 21). Por outro lado os tratamentos com a aplicação de 720+1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estádios V3 e V7 na dose 350 g ha⁻¹ de Mn em estágio V5 (- 251,16 kg ha⁻¹) e 720+1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estádios V3 e V7 na dose 0 g ha⁻¹ de Mn (-220,54 kg ha⁻¹) apresentaram acréscimos negativos na produção (Experimento II).

Tabela 21 - Produtividade, acréscimos de produtividade (kg ha^{-1}) e do valor da produção (R\$/ha) em função de doses de glifosato (g i.a. ha^{-1}), doses de Mn (g ha^{-1}) e estágio de aplicação nos Experimentos I e II. Selvíria-MS, 2013.

Fontes	Tratamentos		Produtividade (kg ha ⁻¹)	Acréscimo	
	Doses de glifosato/ estádio	Doses de Mn/		Produtividade (kg ha ⁻¹)	Valor da Produção (R\$)
					2013
Experimento I	0	0	2694	----	----
Mn	0	350 (V5)	3006	311	269,70
Mn	0	175+175 (V5+V9)	3024	330	286,02
G	720+720 (V3+V7)	0	3020	326	282,44
G + Mn	720+720 (V3+V7)	350 (V5)	3026	332	287,64
G + Mn	720+720 (V3+V7)	175+175 (V5+V9)	2797	103	89,30
G	1440 (V3)	0	2940	246	213,32
G + Mn	1440 (V3)	350 (V5)	2886	191	165,85
G + Mn	1440 (V3)	175+175 (V5+V9)	2713	19	16,23
Experimento II	0	0	2529	----	----
Mn	0	350 (V3)	2834	305	264,05
G	720 (V3)	0	2509	-21	-17,81
G + Mn	720 (V3)	350 (V5)	2864	334	289,52
G	1440 (V3)	0	2999	470	406,99
G + Mn	1440 (V3)	350 (V5)	2771	241	209,15
G	720+720 (V3+V7)	0	2525	-5	-3,92
G + Mn	720+720 (V3+V7)	350 (V5)	2536	7	5,67
G	1440 (V7)	0	2740	210	182,31
G + Mn	1440 (V7)	350 (V5)	2955	426	368,89
G	720+1440 (V3+V7)	0	2275	-254	-220,54
G + Mn	720+1440 (V3+V7)	350 (V5)	2240	-290	-251,16

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

*G = Glifosato, Mn = Manganês

De forma geral os tratamentos com a aplicação de 720+720 g i.a. ha^{-1} de glifosato em estádios V3 e V7 na dose 0 g ha^{-1} de Mn (-5 kg ha^{-1}) e 720+720 g i.a. ha^{-1} de glifosato em estádios V3 e V7 na dose 350 g ha^{-1} de Mn em estágio V5 (7 kg ha^{-1}) apresentaram os acréscimos na produtividade em níveis intermediários (Tabela 21). Com relação ao acréscimo no valor da produção, esse foi negativo para quatro dos tratamentos estudados, os maiores valores foram obtidos para os tratamentos de 1440 g i.a. ha^{-1} de glifosato em estágio V3, na dose 0 g ha^{-1} de Mn R\$ 406,99 ha^{-1} e para 1440 g i.a. ha^{-1} de glifosato em estágio V7, na dose 350 g ha^{-1} de Mn em estágio V5 com valor de R\$ 368,89 ha^{-1} .

O tratamento de 720 g i. a. ha⁻¹ de glifosato no estágio V3 e a dose 0 g ha⁻¹ de Mn do Experimento II obteve o menor custo de insumo total R\$ 112,00 ha⁻¹ mas também se mostrou ineficaz no tocante ao custo de produção total com valor de R\$ - 17,81 ha⁻¹ (Tabela 21) demonstrando a inviabilidade do tratamento.

Albrecht et al., (2008; 2009a) relataram efeitos negativos do glifosato sobre a produtividade da soja, quando aplicado de forma sequencial detectaram decréscimo na sanidade das sementes com o uso de doses comerciais de glifosato; caracterizaram diminuição significativa nos componentes de produção. Sendo assim a aplicação de 720+1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estádios V3 e V7 e 0 g ha⁻¹ de Mn (2275 kg ha⁻¹) e 720+1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estádios V3 e V7 na dose 350 g ha⁻¹ de Mn em estágio V5 (2240 kg ha⁻¹) apresentaram as menores produtividade caracterizando diminuição nos componentes de produção quando comparados com a testemunha (2529 kg ha⁻¹) no Experimento II (Tabela 21).

Resultados de pesquisa obtidos têm demonstrado respostas significativas apenas para Mn, Co e Mo, razão pela qual existe ser poucas recomendações para adubação foliar com outros nutrientes. Em condição de carência de Mn ocorre clorose entre as nervuras das folhas mais novas, as quais se tornam verde-pálido e passam para amarelo-pálido. Áreas necróticas marrons desenvolvem-se nas folhas à medida que a deficiência torna-se mais severa. Neste caso indica-se a aplicação de 350 g ha⁻¹ de Mn diluídos em 200 L de água com 0,5% de ureia (EMBRAPA, 2006b). Neste contexto, a aplicação de 350 g ha⁻¹ de Mn utilizada isoladamente em estágio V3, proporcionou produtividade superior (3006 kg ha⁻¹) quando comparada ao tratamento 0 g ha⁻¹ de Mn (Tabela 21).

Na Tabela 21 (Experimento II) estão apresentados os acréscimos do valor da produção, do custo total dos insumos e da margem de ganho bruto para cada tratamento estudado, isto é, considerando doses de glifosato (g i.a. ha⁻¹), doses de Mn (g ha⁻¹) para diferentes estádios de aplicação. Os acréscimos no valor da produção, foram negativos para quatro dos tratamentos estudados, os maiores valores foram obtidos para os tratamentos de 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estágio V3, na dose 0 g ha⁻¹ de Mn R\$ 406,99 ha⁻¹ e para 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estágio V7, na dose 350 g ha⁻¹ de Mn em estágio V5 com valor de R\$ 368,89 ha⁻¹ (Tabela 22).

Tabela 22 - Acréscimos em R\$ por ha do valor da produção, dos custos total dos insumos, da margem de ganho bruto em função de doses de glifosato (g i.a. ha⁻¹), doses de Mn (g ha⁻¹) e estágio de aplicação nos Experimentos I e II. Selvíria-MS, 2013.

Fontes	Tratamentos		Acréscimo	Custo total dos insumos 2013	Margem de ganho bruto (R\$/ha)
	Doses de glifosato/ estágio	Doses de Mn/ estágio	Valor da Produção (R\$) 2013		
Experimento I	0	0	----	----	----
Mn	0	350 (V5)	269,70	127,10	142,60
Mn	0	175+175 (V5+V9)	286,02	217,10	68,92
G	720+720 (V3+V7)	0	282,44	224,00	58,44
G + Mn	720+720 (V3+V7)	350 (V5)	287,64	351,10	-63,46
G + Mn	720+720 (V3+V7)	175+175 (V5+V9)	89,30	441,10	-351,80
G	1440 (V3)	0	213,32	134,00	79,32
G + Mn	1440 (V3)	350 (V5)	165,85	261,10	-95,25
G + Mn	1440 (V3)	175+175 (V5+V9)	16,23	351,10	-334,87
Experimento II	0	0	----	----	----
Mn	0	350 (V3)	264,05	127,10	136,95
G	720 (V3)	0	-17,81	112,00	-129,81
G + Mn	720 (V3)	350 (V5)	289,52	239,10	50,42
G	1440 (V3)	0	406,99	134,00	272,99
G + Mn	1440 (V3)	350 (V5)	209,15	261,10	-51,95
G	720+720 (V3+V7)	0	-3,92	224,00	-227,92
G + Mn	720+720 (V3+V7)	350 (V5)	5,67	351,10	-345,43
G	1440 (V7)	0	182,31	134,00	48,31
G + Mn	1440 (V7)	350 (V5)	368,89	261,10	107,79
G	720+1440 (V3+V7)	0	-220,54	246,00	-466,54
G + Mn	720+1440 (V3+V7)	350 (V5)	-251,16	373,10	-624,26

Fonte: Elaboração do próprio autor, 2013.

*G = Glifosato, Mn = Manganês

Analisando de forma geral, à margem de ganho bruto, o tratamento com dose de glifosato de 720+1440 nos estádios V3+V7 na dose de 350 g i. a. ha⁻¹ de Mn no estágio V5 este obteve valor de R\$ - 624,26 ha⁻¹ (Tabela 22), sendo este o tratamento com a menor resposta lucrativa, também pode-se observar que o mesmo tratamento na dose de 720+1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato nos estádios V3+V7 e dose 0 g i. a. ha⁻¹ de Mn foi o segundo com menor ganho bruto de R\$ - 466,54 ha⁻¹. Sendo que a maior resposta lucrativa, foi obtido para os tratamentos de 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estágio V3, na dose 0 g ha⁻¹ de Mn com a margem de ganho bruto de R\$ 272,99 ha⁻¹.

5 CONCLUSÕES

Nas condições de campo em que foi desenvolvido esta pesquisa, pode-se concluir que:

- A aplicação foliar de Mn (350 g i.a. ha⁻¹ no estágio V5) eleva a taxa fluorescência da clorofila (ETR em $\mu\text{Mols elétrons.m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).
- As doses de glifosato e Mn aplicadas em diferentes épocas na cultura da soja não alteraram o teor de clorofila *a* e *b* no florescimento pleno.
- A concentração de ureídeos totais e ácido alantóico aumentaram em função do uso de Mn na dose de 350 g i.a. ha⁻¹ no estágio V5.
- A aplicação foliar de Mn e glifosato não influenciou os teores de nutrientes foliar da soja.
- A produtividade de grãos foi menor com a aplicação de glifosato nas doses de 720+1440 g i.a. ha⁻¹, nos estádios V3 e V7.
- O resultado econômico mais interessante foi verificado com a aplicação de 1440 g i.a. ha⁻¹ de glifosato em estádios V3 e 0 g ha⁻¹ de Mn, obtendo uma margem de ganho bruto de valor de R\$ 272,99 ha⁻¹.

6. REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P.; ALONSO, D. G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; BRACCINI, A. L.; BARBOSA, M. C.; ALBRECHT, A. J. P.; BIFFE, D. F. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de soja RR em resposta ao uso do glyphosate; em misturas ou isolados; aplicados sequencialmente. In: CONGRESSO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE MALEZAS, 18, CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26, 2008, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFMG, 2008.
- ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; BRACCINI, A. L.; BARBOSA, A. P.; SACUCHI, A. V.; SILVA, A. F. M.; SILVA, M. R. Altas doses de glyphosate aplicados em soja RR e seu efeito sobre o desempenho agrônomo e a qualidade fisiológica das sementes. Curitiba. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 232, 2009a.
- ALBRECHT, L. P.; ALBRECHT, A. J. P.; VIEIRA, P. V. D.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; ORTIZ, T. A.; SILVA, L. M. M. Sanidade das sementes de soja RR sob aplicação de altas doses de glyphosate em pós-emergência. **Informativo Abrates**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 419, 2009b.
- ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; PÍPOLO, A. E.; MIRANDA, L. C.; GOMIDE, P. B. P.; ARIAS, C. A. A.; KASTER, M.; TOLEDO, J. F. F.; CARNEIRO, G. E. S.; YORINORI, J. T.; DOMIT, L. A.; VIEIRA, O. V.; SILVA, J. F. V.; ALMEIDA, A. M. R. Cultivar de soja BRS 243 RR. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26, 2004, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa soja: Fundação Meridional, 2004. p. 53-54.
- ARALDI, R.; VELINI, E. D.; GIROTTO, M.; CARBONARI, C. A.; GOMES, G. L. G. C.; TRINDADE, M. L. B. Avaliação da intoxicação de cultivares de cana-de-açúcar grandifolia ao amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 4, p. 869-875, 2011.
- ARANTES, N. E.; ZITO, R. K.; ZANETTI, A. L.; FRONZA, V.; SÁ, M. E. L. **Cultivares de soja - Minas Gerais e Região Central do Brasil - Safra 2010/2011**. Londrina: Embrapa/Soja, 2010. 47 p.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in Beta vulgaris. **Plant Physiology**, Maryland, v. 24, p. 1-15, 1949.
- AZEVEDO, J. L.; FUNGARO, M. H. P.; VIEIRA, C. M. L. Transgênicos e evolução dirigida. História, Ciências, Saúde - Manguinhos. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.
- BARKER, V. A. ; PILBEAM, J. D. **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: CRC, 2006. 662 p. (Books in soils, plants, and the environment, 117)

BELKHODJA, R. et al. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 104, n. 2, p. 667-673, 1994.

BELLALLOUI, N.; REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M.; MENGISTU, A. Simulated glyphosate drift influences nitrate assimilation and nitrogen fixation in non glyphosate resistant soybean. **Journal of Agriculture Food Chemical**, Easton, v. 54, p. 3357-3364, 2006.

BIELESKI, L. R.; TURNER, N. A. Separation and estimation of aminoacids in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 17, p. 278-293, 1966.

BINOTTI, F. F. S.; ARF, O.; CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S.; NASCIMENTO, V. do. Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno irrigado no sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 770-778, 2010.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254. 1976.

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**, Dordrecht, v. 312, n. 1-2, p. 185-194, 2008.

BOWN, A. W.; HALL, D. E.; MACGREGOR, K. B. Insect footsteps on leaves stimulate the accumulation of 4-aminobutyrate and can be visualized through increased chlorophyll fluorescence and superoxide production. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 129, p. 1430-1434, 2002.

BORKERT, C. M.; YRINORT, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Seja um doutor na soja. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n. 5, p.1-6, 1994. Disponível em: < [http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/\\$FILE/Seja%20Soja.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/1A183CA9FE55F39883257AA0003B5C23/$FILE/Seja%20Soja.pdf)>. Acesso em: 4 de setembro de 2013.

CAKMAK, I. et al. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium, and iron in non-glyphosate resistant soybean. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 31, p. 114-119, 2009. Disponível em: < http://ac.els-cdn.com/S1161030109000665/1-s2.0-S1161030109000665-main.pdf?_tid=130ac91e-156f-11e3-83e5-00000aacb35d&acdnat=1378305435_442b77c74007e14cc7b28483a9f58e01>. Acesso em: 04 set. 2013.

CAMARGOS, L. S. **Alterações no metabolismo de compostos nitrogenados em *Calopogonium mucunoides* em resposta a diferentes fontes de nitrogênio: Efeitos na nodulação e na fixação.** 2007. 142 f. Dissertação de Doutorado (Doutorado) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

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

CELERES - INFORMATIVO BIOTECNOLOGIA. **1º levantamento de adoção da biotecnologia agrícola no Brasil, safra 2015/16**. Disponível em: <http://celeres.com.br/1o-levantamento-de-adocao-da-biotecnologia-agricola-no-brasil-safra-201516/#>. Acesso em: 11 de janeiro de 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - Conab. **Acompanhamento da safra de grãos 2014/2015**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>. Acesso em: 26 maio 2015.

DAYAN, F. E.; TRINDADE, M. L. B.; VELINI, E. D. Amicarbazone, a new photosystem II inhibitor. **Weed Science**, Champaign, v. 57, p. 579-583, 2009.

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

DE MARIA, N.; BECERRIL, J. M.; GARCIA-PLAZAOLA, J. I.; HERNANDEZ, A., DE FELIPE, M. R.; FERNANDES-PASCUAL, M. New insights on glyphosate mode of action in nodular metabolism: role of shikimate accumulation. **Journal of Agriculture Food Chemical**, Easton, v. 54, p. 2621-2628, 2006.

DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H. Adubação em sistemas de produção de soja e milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL MILHO SAFRINHA RUMO À ESTABILIDADE, 9, 2007, Gessi Ceccon. **Anais...** Gessi Ceccon: Embrapa, 2007. Disponível em: <http://www.dag.uem.br/pet/home/Aldson%20Duarte.pdf>. Acesso em: 10 de Agosto de 2011.

DUKE, S. O.; WAUCHOPE, R. D.; HOAGLAND, R. E.; WILLIS, G. D. Influence of glyphosate on uptake and translocation of calcium ion in soybean seedlings. **Weed Research**, Oxford, v. 23, p. 133-139, 1983.

DUKE, S.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, Sussex, v. 64, p. 319-325, 2008.

DUNFIELD, K. E.; GERMIDA, J. J. Impacto f GM crops on microbial biodiversity. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, n. 3, p. 806-815, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja- Paraná - 2002**. Londrina: Embrapa, 2002. 195 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 6).

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

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

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

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

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CASSOROLI, D.; SIMON, J.; DOURADO NETO, D.; VAN LIER, Q. J.; SANTOS, O. S.; MULLER, L. Fisiologia da fixação biológica de nitrogênio em soja – revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007

FIGUEIREDO, L. A. **Nutrição nitrogenada (¹⁵ N) em soja convencional e transgênica sob aplicação do herbicida glifosato**. 2009. 82 f. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

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

GAZOLA, E. **Desempenho de cultivares transgênicas de soja em sucessão a culturas de inverno em semeadura direta**. 2008. 67 f. (Dissertação) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

GEIGER, D. R.; SHIEHS, W. J.; FUCHS, M. A. Causes of self-limited translocation of glyphosate in Beta vulgaris plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 64, p. 124-133, 1999.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M.; BAKER, N. R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron-transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 990, p.87-92, 1989.

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

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

GRONWALD, J. W. Resistance to photosystem II inhibiting herbicides. In: POWLES, S.; HOLTUM, J. (Ed.). **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton: CRC, 1994. p. 27-60.

HALL, J. L.; WILLIAMS, L. E. Transition metal transporters in plants. **Journal of**

Experimental Botany, London, v. 54, p. 2601-2613, 2003.

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

HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 57, p. 1332-1334, 1979.

HOMANN, P.E. Studies on the manganese of the chloroplast. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 42, p. 997-1007, 1967.

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.

IEA - Instituto de Economia Agrícola. **Preços**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.phppreços>>. Acesso em: 10 de agosto de 2013.

IRELAND, C. R.; PERCIVAL, M. P.; BAKER, N. R. Modifications of the induction of photosynthesis in wheat by glyphosate, an inhibitor of amino acid metabolism. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 37, p. 299-308, 1986.

ISSACS, M. A.; MURDOCK, E. C.; TOLER, J. E.; WALLACE, S. U. Effects of late season herbicide application on *Cassia obtusifolia* seed production and viability. **Weed Science**, Champaign, v. 37, n. 6, p. 761-765, 1989.

ISAAA - **Status global das cultivares transgênicas comercializadas**: 2014. Clive James. Disponível em: Acesso em: 08 de janeiro de 2016.

JAMES, C. Situação global da comercialização das lavouras GM. In: INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRO-BIOTECH APPLICATIONS – ISAAA, Ithaca. **Proceedings of the...** Ithaca: ISAAA, 2005. 12 p. (Sumário Executivo, Brief 34-2005). Disponível em: <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/35/executivesummary/pdf/Brief%2035%20-%20Executive%20Summary%20-%20Portuguese.pdf>>. Acesso em: 7 de agosto de 2011.

JOHAL, G. S.; HUBER, D. M. Glyphosate effects on diseases of plants. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 31, p. 144-152, 2009.

KING, C.; PURCELL, L. C.; VORIES, E. D. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 179-186, 2001.

KING, C. A.; PURCELL, L. C. Inhibition of N₂ fixation in soybean is associated with elevated ureides and amino acids. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 137, p. 1389-1396, 2005.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Encarte técnico. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 118, p. 12-15, 2007.

KITCHEN, L. M.; WITT, W. W.; RIECK, C. E. Inhibition of aminolevulinic acid synthesis by glyphosate. **Weed Science**, Lawrence, v. 29, p. 571-577, 1981.

KRAUSE, G.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 313-349, 1991. Disponível em :<
<http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.pp.42.060191.001525>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2014.

KRUZE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPs: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.

LI, J. et al. Influence of formulation and glyphosate salt on absorption and translocation in three annual weeds. **Weed Science**, Champaign, v. 53, p. 153-159, 2005.

LICHTENTHALER, H. K.; MIEHÉ, J. A. Fluorescence imaging as a diagnostic tool for plant stress. **Trends Plant Science**, Oxford, v. 2, p. 316-320, 1997.

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

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

MANTELL, S. H.; MATTHEWES, J. A.; MCKEE, R. A. **Principles of plant biotechnology: an introduction to genetic engineering in plants**. Oxford: Blackwell Science, 1985. 350 p.

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

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

MARTIN-PREVEL, P.; GAENARD, J.; GAUTIER, P. **L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes subtropicales**. Paris: Techn. Docum., 1984. 802 p.

MARSH Jr., H. V.; EVANS, H. J.; MATRONE, G. Investigations on the role of iron in chlorophyll metabolism. II. Effect of iron deficiency on chlorophyll synthesis. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 38, p. 638-642, 1963.

MAZZA, C. A.; BOCCALANDRO, H. E.; GIORDANO, C. V.; BATTISTA, D.; SCOPEL, A.L.; BALLARÉ, C. L. Functional significance and induction by solar radiation of ultraviolet-absorbing sunscreens in field-grown soybean crops. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 122, n. 1, p. 117-126, 2000.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 659-668, 2000.

MENEGATTI, A. L. A.; BARROS, A. L. M. de. Análise comparativa dos custos de produção entre soja transgênica e convencional: um estudo de caso para o Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 45, n. 1, p. 163-183, 2007.

MOLIN, W. T.; HIRASE, K. Effects of surfactants and simulated rainfall on the efficacy of the Engane formulation of glyphosate in johnsongrass, prickly sida and yellow nutsedge. **Weed Biology and Management**, Richmond, v. 5, p. 123-127, 2005.

MORETTI, T. B. **Diferenças no metabolismo das plantas que determinam resistência a herbicidas em Brachiaria plantaginea (Link) Hitchc.** 2011. 58 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

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

MUNOZ, C. C.; PALMEIRA, E. M. **Adesafios de logística nas exportações brasileiras do complexo agronegocial da soja:** 2006. Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/06/ccm.pdf>>. Acesso em: 4 agosto de 2011.

MUNNS, D. N. L.; JACOBSON, JOHNSON, C. M. Uptake and distribution of manganese in oat plants. II. A kinetic model. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 19, p. 193-204, 1963.

NEUMANN, G. et al. Relevance of glyphosate transfer to nontarget plants via the rhizosphere. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Sonderheft, v. 20, p. 963-969, 2006. Disponível em: <<http://stopogm.net/sites/stopogm.net/files/RGTNTPVR.PDF>>. Acesso em: 9 de setembro de 2013.

NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Interação microbianas na disponibilidade e absorção de manganês por soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 11, p. 1605-1612, 2002.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários:** administração financeira, orçamento e avaliação econômica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p.

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

OLIVEIRA, J. G.; ALVES, P. L. C. A.; MAGALHÃES, A. C. The effect of chilling on the photosynthetic activity in coffee (Coffe Arabica L.) seedlings. The protective action of chloroplastid pigments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 14, p. 95-104, 2002.

OLIVEIRA, F. A.; SFREDO, G. J.; CASTRO, C.; KLEPKER, D. **Fertilidade do solo e nutrição da soja.** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 2007. 8 p. (Circular Técnica, 50).

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

OZTURK, L. et al. Glyphosate inhibition of ferric reductase activity in iron deficient sunflower roots. **New Phytologist**, Cambridge, v. 17, p. 899-906, 2008.

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

PETERSON, R. B.; AYLOR, D. E. Chlorophyll fluorescence induction in leaves of *Phaseolus vulgaris* infected with bean rust (*Uromyces esparaguli*). **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 108, p. 163-171, 1995.

PIHAKASKI, S.; PIHAKASKI, K. Effects of glyphosate on ultrastructure and photosynthesis of *Pellaea epiphylla*. **Annals of Botany**, Oxford, v. 46, p. 133-141, 1980.

PURCELL, L. C.; SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R.; DE, A., 2004. Soybean N₂ fixation estimates, ureide concentration, and yield responses to drought. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 484-492, 2004. Disponível em: < <http://naldc.nal.usda.gov/download/8558/PDF>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2014.

RAHE, J. E. O herbicida glyphosate - como ele mata as plantas?. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 117, p. 6, 2007.

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

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

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

REZENDE, P. M.; MACHADO, J. C.; GRIS, C. F.; GOMES, L. L.; BOTREL, E. P. Efeito da semeadura a seco e tratamento de sementes na emergência, rendimento de grãos e outras características da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência e Agrotécnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 76-83, 2003.

RIBEIRO, D. N.; GIL, D.; CRUZ-HIPÓLITO, H. E.; RUIZ-SANTAELLA, J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; VIDAL, R.A.; DE PRADO, R. Rapid assays for detection of glyphosate-resistant *Lolium* spp. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Sonderheft, v. 21, p. 95-100, 2008.

RICHARD JÚNIOR, E. P.; GOSS, J. R.; ARNTZEN, C. J.; SLIFE, F. W. Determination of herbicide inhibition of photosynthetic electron transport by fluorescence. **Weed Science**, Lawrence, v. 31, p. 361-367, 1983.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; BALBINOT JR., A. A. Ação de herbicidas sobre mecanismos de defesa das plantas aos patógenos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 957-965. 2003.

RODEN, J. S.; BALL, M. C. The effect of elevated [CO₂] on growth and photosynthesis of two eucalyptus species exposed to high temperatures and water deficits. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 111, p. 909-919, 1996.

ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. **Soja transgênica no Brasil: situação atual e perspectivas para o próximo ano**. Disponível em: <www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=1860>. Acesso em: 4 de agosto de 2011.

SANTINONI, I. A. **Avaliação do impacto ambiental da soja transgênica resistente ao glifosato sobre alguns grupos funcionais de microorganismos do solo**. 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

SANTOS, J. B. et al. Tolerance of *Bradyrhizobium* strains to glyphosate formulations. **Crop Protection**, Guildford, v. 24, p. 543-547, 2005.

SANTOS, J. B. et al. Action of two herbicides on the microbial activity of soil cultivated with common bean (*Phaseolus vulgaris*) in conventional-till and no-till systems. **Weed Research**, Oxford, v. 46, p. 1-6, 2006.

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

SCHAAF, G.; CATONI, E.; FITZ, M.; SCHWACKE, R.; SCHNEIDER, A.; WIRÉN, N. von; FROMMER, W. B. A putative role for the vacuolar calcium/ manganese proton antiporter AtCAX2 in heavy metal detoxification. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 4, p. 512-618, 2002.

SEAB - SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO - SEAB. Soja - **Análise da conjuntura agropecuária**. Paraná: SEAB, Novembro 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja__2013_14.pdf>. Acesso em: 14 de novembro de 2014.

SILVA, J. da; RODRIGUES, R. A. F.; GERLACH, G. A. X.; GONZAGA, D. A.; CORSINI, D. C. D. C. Análise econômica do efeito hormese de glifosato em feijoeiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 182-194, 2013.

SINCLAIR, T. R.; VADEZ, V.; CHENU, K. Ureide accumulation in response to Mn nutrition by eight soybean genotypes with N₂ fixation tolerance to soil drying. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 592-597, 2003.

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

SNEL, J.; VAN KOOTEN, O.; VAN HOLE L. Assisment of stress in plants by analysis of photosynthetic performance. **Trends in Analytical Chemistry**, Amsterdam, v. 10, n. 1, p. 26-30, 1991.

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

STEFANELLO, F. F.; MARCHETTI, E. M.; SILVA, F. E.; STEFANELLO, J.; DORETO, S. B. R.; NOVELINO, O. J. Efeito de glyphosate e manganês na nutrição e produtividade da soja transgênica. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 1007-1014, 2011.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. **Soja: nutrição, correção do solo e adubação**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 60 p. (Série técnica, 7).

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; TARSITANO, M. A. A.; BUZETTI, S.; BERTOLIN, D. C.; COLOMBO, A. S.; NASCIMENTO, V. do. Análise econômica da adubação nitrogenada em trigo irrigado sob plantio direto no cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 446-453, 2010.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP. Faculdade de Engenharia. **Posto Agrometeorológico da FEPE**. Ilha Solteira: FEPE, 2013.

VAN OORSCHOT, J. L. P.; VAN LEEUWEN, P. H. Use of fluorescence induction to diagnose resistance of *Alopecurus myosuroides* Huds. (black-grass) to chlortoluron. **Weed Research**, Oxford, v. 32, p. 473-482, 1992.

VIEIRA, A. C. P.; SANTOS, J. P. As Implicações jurídicas a respeito da tecnologia dos alimentos transgênicos: direitos dos consumidores, os riscos e os benefícios, os debates e a cautela necessária. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis. **Anais...** Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/473815/1/mplicoesjuridicas.pdf>>. Acesso em: 7 de agosto de 2011.

VOGELS, G.D.; VAN DER DRIFT, C. Differential analyses of glyoxylate derivatives. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 33, p. 143-157, 1970.

VAGNER, F. J.; JUNIOR, M. A. Parâmetros fisiológicos e nutricionais de cultivares de soja resistentes ao glifosato em comparação com cultivares isogênicas próximas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 393-399, 2014

YEMM, E. M.; COCKING, E. C. Estimation of amino acids by ninhydrin. **Analyst**, London, v. 80, p. 209-213, 1955.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Efeito do glyphosate nos parâmetros nutricionais e fotossintéticos na cultura da soja resistente ao glyphosate. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 5, 2009, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Soja, 2009. CD-ROM.

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

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

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, Guildford, v. 26, p. 370-376, 2007.