

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CÂMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO E DOUTORADO

IVAIR ANDRÉ NAVA

**APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES DE MANGANÊS EM DOIS ESTÁDIOS
FENOLÓGICOS DA SOJA RR SOB MANEJO PÓS-EMERGENTE DE
GLYPHOSATE**

Marechal Cândido Rondon

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CÂMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO E DOUTORADO

IVAIR ANDRÉ NAVA

**APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES DE MANGANÊS EM DOIS ESTÁDIOS
FENOLÓGICOS DA SOJA RR SOB MANEJO PÓS-EMERGENTE DE
GLYPHOSATE**

Tese apresentada a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Jr.
Coorientador: Prof. Dr. José Renato Stangarlin.
Coorientador: Prof. Dr. Cleber Antônio Lindino.

Marechal Cândido Rondon

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR.,
Brasil)

N316a	<p>Nava, Ivair André</p> <p>Aplicação foliar de doses de manganês em dois estádios fenológicos da soja RR sob manejo pós-emergente de glyphosate / Ivair André Nava. – Marechal Cândido Rondon, 2013.</p> <p>119 p.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Jr. Coorientador: Prof. Dr. José Renato Stangarlin Coorientador: Prof. Dr. Cleber Antônio Lindino</p> <p>Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2013.</p> <p>1. Soja transgênica - Resistencia ao herbicida glyphosate. 2. Fertilizante foliar. 3. Soja. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.</p> <p>CDD 22.ed. 633.34 CIP-NBR 12899</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborado por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Tese do Engenheiro Agrônomo **IVAIR ANDRE NAVA**. Aos vinte e oito dias do mês de fevereiro de 2013, às 14 horas, sob a presidência do Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Jr., em sessão pública reuniu-se a Comissão Julgadora da defesa da Tese do Engenheiro Agrônomo IVAIR ANDRE NAVA, aluno do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agronomia – Nível Doutorado com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"DOUTOR EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof. Dr. Tiago Roque Benetoli da Silva (UEM - Umuarama), Prof. Dr. José Renato Stangarlin (Unioeste), Prof. Dr. Cleber Antonio Lindino (Unioeste), Prof. Dr. Odair Kuhn e Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Jr. (Orientador).

Iniciados os trabalhos, o candidato apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Tese, intitulada: **"Aplicação foliar de doses de manganês em dois estádios fenológicos da soja RR sob manejo pós-emergente de Glyphosate"**.

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

Prof. Dr. Tiago Roque Benetoli da Silva.....Aprovado
Prof. Dr. José Renato Stangarlin.....Aprovado
Prof. Dr. Cleber Antonio Lindino.....Aprovado
Prof. Dr. Odair Kuhn.....Aprovado
Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Jr. (Orientador)Aprovado

Apurados os resultados, verificou-se que o candidato foi habilitado, fazendo jus, portanto, ao título de **"DOUTOR EM AGRONOMIA"**, área de concentração: **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

Marechal Cândido Rondon, 28 de fevereiro de 2013.

Prof. Dr. Tiago Roque Benetoli da Silva

Prof. Dr. José Renato Stangarlin (Co-Orientador)

Prof. Dr. Cleber Antonio Lindino (Co-Orientador)

Prof. Dr. Odair Kuhn

Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Jr. (Orientador)

DEDICO

Ao meu pai, Isaias Nava (*In memoriam*), pelo exemplo de força e coragem. À minha mãe Teresinha Leonilda Nava, pelos constantes incentivos ao estudo.

Aos meus irmãos, Ivan Luiz Nava e Idian Martinho Nava, que sempre prestaram apoio quando precisei, oferecendo amizade e segurança, que muito contribuíram para a minha formação pessoal e profissional, sendo meus mentores em honestidade e ética.

AGRADECIMENTOS

A DEUS pelo dom da vida e amparo em todos os momentos difíceis.

Ao orientador Affonso Celso Gonçalves Jr., que incentivou minha ida ao Doutorado e acreditou nas minhas ideias.

Aos coorientadores José Renato Stangarlin e Cleber Lindino, juntamente com os professores Odair José Kuhn e Tiago Roque Benetoli da Silva, pelas excelentes correções e sugestões para o trabalho realizado.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – PPGA, juntamente com o apoio da Fundação Araucária e, em especial ao coordenador Vandeir Francisco Guimarães, por toda a ajuda prestada.

Aos professores Edmar Soares de Vasconcelos pela orientação estatística e, Odair José Kuhn, pelo estágio de docência, que muito contribuiu para minha formação. Aos demais professores do curso de Mestrado e Doutorado em Agronomia da Unioeste, pelos ensinamentos recebidos a longo dos anos.

Aos colegas: Ana Paula Meneghel, Ângela L. Rech, Daniel Schwantes, Emerson S. Gasparotto, Fernanda Rubio, Gilmar D. Gomes, Gustavo F. Coelho, Gustavo Lindner, Herbert Nacke, Juliana Casarin, Leonardo Strey, Lucas Wachholz, Fábio A. Roweder, Ricardo F. B. de Sousa e Vanessa L. Ignácio.

Aos amigos distantes, porém não esquecidos: Agostinho Parise, André Burin, Darci Curioletti, Dilamar B. Blanco, Jair R. Unfried, Juliano O. Lino, Ludwig W. Neto, Moyses Castanho, Tarcísio A. Hendges. Em especial a Eloir Paulo Gris e Valdir Luiz Guerini, pela ajuda prestada na implantação e condução do experimento a campo.

A todos que participaram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho e na convivência durante o curso.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS A TODOS!

Para manter o Brasil em destaque mundial na produção de grãos, será necessário além da genética e expansão de áreas agrícolas, o investimento em assistência técnica e melhoria das condições de trabalho dos engenheiros agrônomos.

(O Autor...)

*Os que decidem sobre o amanhã devem avaliar
o impacto no futuro*

(Jacques-yves Cousteau)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	11
RESUMO.....	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	16
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 A soja e a sua importância socioeconômica.....	17
2.1.1 A produção da soja no âmbito mundial.....	19
2.1.2 Cadeia produtiva da soja no panorama nacional e regional.....	20
2.1.3 A soja em relação ao manejo das plantas daninhas.....	22
2.1.4 O início da soja transgênica no Brasil e sua expansão.....	23
2.2 Aspectos relevantes ao herbicida glyphosate.....	29
2.2.1 Modo de ação e efeito fisiológico do glyphosate nas plantas.....	30
2.2.2 Glyphosate: propriedades bioquímicas e toxicidade.....	31
2.2.3 O glyphosate e os efeitos na microbiologia do solo e sanidade das plantas.....	33
2.2.4 O herbicida glyphosate e seus efeitos na nutrição da soja RR.....	35
2.3 Aspectos relevantes ao micronutriente manganês.....	38
2.3.1 Toxicidade de manganês e seus efeitos na soja.....	39
2.3.2 Deficiência de manganês e seus efeitos na soja.....	41
2.3.3 O uso do micronutriente manganês na soja.....	42
2.3.4 Efeitos do manganês na produção de sementes de soja.....	45
3 REFERÊNCIAS.....	46
CAPÍTULO II – APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES DE MANGANÊS COMERCIAL EM DOIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA SOJA RR MANEJADO COM GLYPHOSATE EM PÓS-EMERGÊNCIA A CAMPO.....	58
RESUMO.....	58
ABSTRACT.....	59
1 INTRODUÇÃO.....	60
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	63

2.1 Caracterização do local de condução do experimento.....	63
2.2 Caracterização do solo.....	64
2.3 Tratamentos	65
2.4 Implantação do experimento e tratos culturais	66
2.5 Coleta e análise do tecido foliar	68
2.6 Colheita e avaliação dos componentes de produção e produtividade	68
2.7 Análise estatística dos dados do experimento	69
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
3.1 Análise do tecido foliar da soja RR.....	70
3.2 Componentes de produção e da produtividade da soja RR.....	78
4 CONCLUSÕES	83
5 REFERÊNCIAS	84
CAPÍTULO III – NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DA SOJA RR SOB APLICAÇÃO FOLIAR DE Mn EM DOSES E ESTÁDIOS FENOLÓGICOS SOB MANEJO PÓS-EMERGENTE DE GLYPHOSATE EM CONDIÇÕES CONTROLADAS.....	
RESUMO	91
ABSTRACT	92
1 INTRODUÇÃO.....	93
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	96
2.1 Caracterização do local de condução do experimento.....	96
2.2 Caracterização do solo.....	96
2.3 Tratamentos	97
2.4 Implantação do experimento e tratos culturais	98
2.5 Coleta e análise do tecido foliar	100
2.6 Colheita e avaliação dos componentes de produção	101
2.7 Análise estatística dos dados do experimento	101
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
3.1 Análise do tecido foliar da soja RR.....	102
3.2 Componentes de produção da soja RR.....	108
4 CONCLUSÕES	112
5 REFERÊNCIAS	113
CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	119

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Figura 1. Esquema molecular do cassete inserido no material genético da soja RR.....	24
Figura 2. Esquema da rota do Ácido Shiquimato e o modo de ação do glyphosate na soja convencional (A) e transgênica (B).	25
Figura 3. Cronograma dos principais fatos relacionados à legislação e introdução da soja RR no Brasil.....	26
Figura 4. Sintomas de toxicidade foliar de Mn em soja. A e B - fase inicial; C - fase avançada.....	40
Figura 5. Sintomas de deficiência foliar de Mn em soja.	41
Figura 6. Sintomas de deficiência de Mn em soja RR, induzido por aplicação de glyphosate pós-emergente.	43

CAPÍTULO II – APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES DE MANGANÊS COMERCIAL EM DOIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA SOJA RR MANEJADO COM GLYPHOSATE EM PÓS-EMERGÊNCIA A CAMPO

Figura 1: Dados da precipitação pluviométrica do município de Palotina - PR.	63
Figura 2: Dados meteorológicos de Palotina - PR.....	64
Figura 3. Concentração de Mn no tecido foliar em relação às doses de fertilizante para cada estágio de aplicação.	76

CAPÍTULO III – NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DA SOJA RR SOB APLICAÇÃO FOLIAR DE Mn EM DOSES E ESTÁDIOS FENOLÓGICOS SOB MANEJO PÓS-EMERGENTE DE GLYPHOSATE EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

Figura 1. Concentração de Mn no tecido foliar em relação às doses de fertilizante para cada estágio de aplicação.	106
--	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Tabela 1. Oferta e demanda de grãos de soja (milhões de toneladas) no mundo e nos principais países produtores	20
Tabela 2. Dados de produtividade e produção de grãos de soja nos principais estados produtores e no país	21
Tabela 3. Dados referentes à adoção da biotecnologia de resistência a herbicida na soja dos principais estados produtores e no Brasil.....	28

CAPÍTULO II – APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES DE MANGANÊS COMERCIAL EM DOIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA SOJA RR MANEJADO COM GLYPHOSATE EM PÓS-EMERGÊNCIA A CAMPO

Tabela 1: Análise química e granulométrica do solo onde foi conduzido o experimento.....	64
Tabela 2. Demonstração dos tratamentos e doses em relação aos estádios fenológicos de aplicação	66
Tabela 3. Dados ambientais no momento da aplicação foliar dos tratamentos.....	67
Tabela 4. ANOVA para os macronutrientes e micronutrientes do tecido foliar da soja RR....	70
Tabela 5. Médias dos teores foliares da soja RR, nas fontes de variação estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle para os macros e micronutrientes	73
Tabela 6. ANOVA para os componentes de produção e da produtividade da soja RR	79
Tabela 7. Resultados dos testes de médias para as fontes de variação estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle para os componentes de produção e produtividade da soja RR	80

CAPÍTULO III – NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DA SOJA RR SOB APLICAÇÃO FOLIAR DE Mn EM DOSES E ESTÁDIOS FENOLÓGICOS SOB MANEJO PÓS-EMERGENTE DE GLYPHOSATE EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

Tabela 1: Análise química e granulométrica do solo utilizado no experimento	97
Tabela 2. Demonstração dos tratamentos, doses e estádios utilizados.....	98
Tabela 3: Dados do ambiente no momento da aplicação foliar dos tratamentos	99
Tabela 4. ANOVA para os macro e micronutrientes do tecido foliar da soja RR.....	102
Tabela 5. Médias dos teores foliares da soja RR, nas fontes de variação estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle para os macronutrientes e micronutrientes	104
Tabela 6. ANOVA para os componentes de produção da soja RR.....	108
Tabela 7. Resultados dos testes de médias para as fontes de variação estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle para os componentes de produção da soja RR	110

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% – Porcentagem

* – Significativo a 5 % de probabilidade

** – Significativo a 1 % de probabilidade

‘ – Minutos

“ – Segundos

< – Menor

> – Maior

® – Marca registrada

AMPA – Ácido aminometilfosfônico

ANOVA – Análise de variância

Cfa – Clima temperado úmido com verão quente

cm – Centímetros

cmolc dm⁻³ – Centimol de carga por decímetro cúbico

CO₂ – Dióxido de carbono

CTC – Capacidade de troca catiônica

CV – Coeficiente de variação

D.M.S. – Diferença mínima significativa

DAE – Dias após emergência das plântulas

DBC – Delineamento em blocos ao acaso

DL 50 – Dose letal necessária para matar 50% de uma população em teste

DNA – Ácido desoxirribonucleico

EPSPS – 5-enol-piruvil-shiquimato-3-fosfato sintase

F.V. – Fonte de variação

g – Gramas

g dm⁻³ – Gramas por decímetro cúbico

g ha⁻¹ – Gramas por hectare

g kg⁻¹ – Gramas por quilograma

G.L. – Graus de liberdade

h – Horas

ha – Hectares

IDA – Ingestão Diária Aceitável
K₂O – Óxido de potássio
kg – Quilograma
kg ha⁻¹ – Quilograma por hectare
L – Litros
LMR – Limite Máximo de Resíduo
m – Metros
m.c. – Massa corporal
M100 – Massa de 100 grãos
m² – Metro quadrado
Mesh – Número de aberturas por polegada linear em malha de peneira
mg dm⁻³ – Miligramas por decímetro cúbico
mg kg⁻¹ – Miligramas por quilograma
mL kg⁻¹ – Mililitros por quilograma
mm – Milímetros
MPLA – Massa total por planta
NGL – Número de grãos por legume
NLP – Número de legumes por planta
ns – Não significativo
° – Graus
°C – Graus Celsius
OGM – Organismo geneticamente modificado
P₂O₅ – Pentóxido de fósforo
pH – Potencial hidrogeniônico
pk – Cologaritmo da constante ionização ou constante de dissociação ácida (pk = - log ki)
PR – Paraná
PRNT – Poder real de neutralização total
R² – Coeficiente de determinação
RNA – Ácido ribonucleico
RS – Rio Grande do Sul
SB – Soma de bases
SL – Concentrado solúvel
sp. – Espécie

spp. – Espécies

T ha⁻¹ – Toneladas por hectare

V – Saturação das bases

μg – Micrograma

μg L⁻¹ – Micrograma por litro

NAVA, Ivair André. **Aplicação foliar de doses de manganês em dois estádios fenológicos da soja RR sob manejo pós-emergente de glyphosate**. Marechal Cândido Rondon, 2013. 119 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste.

RESUMO

APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES DE MANGANÊS EM DOIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA SOJA RR SOB MANEJO PÓS-EMERGENTE DE GLYPHOSATE

Com o crescente avanço da soja RR no Brasil, apontamentos técnicos informais propuseram que o herbicida glyphosate em pós-emergência, trouxesse injúrias ou desbalanço nutricional e ainda, evidenciando a necessidade de adição suplementar de manganês (Mn) via foliar para corrigir sua deficiência. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de doses e estádios de aplicação de fertilizante comercial com Mn, sobre os teores foliares dos principais nutrientes e dos componentes de produção e produtividade da soja RR, manejada com o glyphosate em pós-emergência para controle das plantas daninhas. Desta forma, foi avaliada a aplicação de fertilizante foliar com Mn, em dois estádios fenológicos (V4 e V6) e em cinco doses (0,00; 56,75; 113,50; 170,50 e 227,00 g ha⁻¹ de Mn) num Latossolo Vermelho eutrófico (LVef), com implantação em campo e casa de vegetação. Os resultados indicaram que a aplicação foliar de doses de fertilizante com Mn, nos estádios de aplicação, favoreceu somente o acúmulo do micronutriente Mn no tecido foliar da soja RR em campo, da forma que a aplicação de glyphosate na dosagem recomendada, não teve efeito nos teores foliares dos demais nutrientes avaliados. Já os testes em casa de vegetação mostraram que a aplicação do fertilizante foliar no estágio V4 diminuiu os teores de N e elevaram os de Ca em relação ao V6, que respondeu de forma inversa com elevação do N e redução do Ca na folha. A fertilização com Mn proporcionou aumento nos teores foliares desse elemento quando aplicados no estágio V6 em condições controladas, porém, doses superiores a 112,24 g ha⁻¹ de Mn não são justificadas, sendo considerado o ponto crítico para a recomendação no solo avaliado. Os componentes de produção e a produtividade de grãos não foram afetados pelos tratamentos no experimento a campo, da mesma maneira, a aplicação de fertilizante foliar com Mn não proporcionou incrementos nos componentes de produção da soja RR conduzida em casa de vegetação.

Palavras-chave: *Glycine max* L., micronutriente, fertilização, herbicida, soja transgênica.

NAVA, Ivair André. **Foliar application of doses of manganese in two phenological stages of RR soybean under post-emergence management of glyphosate.** Marechal Cândido Rondon, 2013. 119 p. Doctoral Thesis - Western Paraná State University - Unioeste.

ABSTRACT

FOLIAR APPLICATION OF DOSES OF MANGANESE IN TWO PHENOLOGICAL STAGES OF RR SOYBEAN UNDER POST-EMERGENCE MANAGEMENT OF GLYPHOSATE

With the increasing advancement of the RR soybean in Brazil, unofficial technical notes proposed that the herbicide glyphosate applied as post-emergence might bring injuries or nutritional imbalance as well suggesting the necessity of supplemental addition of manganese (Mn) through the leaves, to correct its deficiency. The goal of this study was to evaluate the influence of doses and stages of application of commercial fertilizer with Mn, on the foliar content of the major nutrients and the components of production and productivity of RR soybean, treated with glyphosate on post-emergence method to control weeds. Thus, the application of foliar fertilizer with Mn was evaluated in two phenological stages (V4 e V6) and in five doses (0,00; 56,75; 113,50; 170,50 and 227,00 g ha⁻¹ de Mn) on a eutroferric Oxisol (LVef) with applications on fields and greenhouses. The results indicated that the application of foliar fertilizer doses with Mn on the implementation stages, only favored the accumulation of micronutrient Mn on the leaf tissue of RR soy on the field, the way that the application of glyphosate in the recommended dose of Glyphosate had no effect on foliar concentration of others evaluated nutrients, on the other hand, tests in the greenhouse indicated that the application of foliar fertilizer on the V4 stage decreased the N content and increased the Ca compared to the V6, which had the opposite result, with increasing on the N and decreasing of the leaf Ca. The fertilization with Mn resulted in increasing foliar content of this element when applied on V6 stage in controlled situations, however, dosages greater than 112,24 g ha⁻¹ of Mn are not justified, and are considered the critical point for a recommendation on the soil evaluated. The yield components and grain productivity were not affected by treatments on the Field experiment, the same way, the application of foliar fertilizer with Mn did not provide increments on the production components on the RR soybean conducted in a greenhouse.

Keywords: *Glycine max* L., micronutrient, fertilization, herbicide, transgenic soybean.

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A temática da soja transgênica, resistente ao herbicida com princípio ativo de glyphosate (Soja RR), mesmo com poucos anos no Brasil, foi assunto fortemente abordado em âmbito ambiental e social. Agora, novo paradigma surge em torno do tema, trazendo críticas negativas em relação ao manejo de plantas daninhas, efeitos colaterais na nutrição, sanidade e desenvolvimento dessa espécie vegetal.

Apesar de todas as polêmicas publicadas em torno da soja RR, após sua liberação, seu cultivo vem aumentando ano após ano em todo o território nacional e, no mesmo ritmo, o uso do glyphosate, tanto em pré como em pós-emergência do cultivo, diante do seu custo baixo, praticidade de uso e recomendação em relação a outros herbicidas. Porém, agricultores e profissionais ligados a lavouras de soja transgênicas estão observando que, após a utilização do glyphosate, ocorre amarelecimento nas folhas da planta onde houve o contato com o herbicida.

O motivo do amarelecimento foi diagnosticado como deficiência do micronutriente manganês (Mn). Após confirmações informais vindo de empresas do setor, iniciou-se a confecção de recomendações e especulações comerciais em cima do uso do fertilizante foliar com Mn, na soja RR, muitas vezes sem critério, pois doses e épocas de aplicação recomendadas para o uso do Mn são divulgadas pelas próprias empresas e não por órgãos de pesquisas independentes.

A pesquisa que se apresenta, tange justamente o diminuto volume de assertivas científicas na abordagem do assunto e as críticas atuais ainda não são conclusivas, pois apresentam controvérsias entre as mesmas, sobre os efetivos benefícios e ou malefícios decorrentes dos transgênicos na soja RR do Brasil.

O tema é relevante e necessário nesse caso, em que o uso do herbicida glyphosate pode estar trazendo efeitos negativos na soja RR, mas a verdadeira causa e o modo de corrigir parecem uma incógnita. Mesmo sendo produtos (insumos), que é de uso quase universal na agricultura moderna, para produzir com segurança e sustentabilidade é preciso conhecer seu mecanismo de ação e os seus possíveis efeitos, ajustando-os para que contemple de forma positiva o setor econômico, social e ambiental da soja RR.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A soja e a sua importância socioeconômica

O centro de origem da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] fica localizado na região Leste da Ásia, Centro-Sul da China, onde é cultivada há milênios (XU et al., 1989). Pertence à família *Fabaceae*, divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, subclasse *Rosidae* e ordem *Fabales* (CAPELLARI Jr. et al., 1999).

É planta de ciclo anual, que leva de 80 a 200 dias para atingir a maturidade fisiológica; possui porte ereto, herbáceo, hastes e vagens pubescentes, a altura varia de 0,3 a 2,0 m de acordo com a região e pode apresentar ramificações (MÜLLER, 1981). Os estágios fenológicos vegetativos e reprodutivos da soja foram padronizados em 1977, com os respectivos estádios de desenvolvimento de acordo com o número de nós e o desenvolvimento das folhas, flores e vagens (FEHR e CAVINESS, 1977).

A partir da China, a soja adentrou para outros países do Oriente e depois para o Ocidente, já no Brasil, o surgimento foi em 1882 no Estado da Bahia e em 1901 em São Paulo e Rio Grande do Sul, mas o grande impulso significativo na produção ocorreu no período de 1965 a 1969 (BONETTI, 1981). As principais variedades chegaram ao Brasil via Estados Unidos (EUA) e sua revolução socioeconômica e tecnológica pode ser comparada ao fenômeno ocorrido com a cana-de-açúcar, no Brasil Colônia e como o café no Brasil República, que em outras épocas, comandou o comércio exterior do país (EMBRAPA SOJA, 2003).

O primeiro cultivo comercial de soja no Brasil foi em 1914 no município de Santa Rosa - RS; mas somente em 1940 adquiriu alguma importância econômica, com pequena área cultivada de 1.549 hectares (ha) e rendimento de 700 kg ha⁻¹. Em 1949 o Brasil figurou como produtor de soja, mas foi na década de 1960, impulsionada pela política de subsídios ao trigo visando autossuficiência, que a soja se estabeleceu de forma economicamente importante para o país (EMBRAPA, 2004).

Contudo, foi em meados da década de 1970, que o Brasil influi no mercado internacional dos produtos da soja, considerado até como formador de preços, fruto da rápida expansão e adaptação para as regiões de baixas latitudes brasileiras, como resultado do

trabalho dos programas de melhoramento genético e introdução dos genes de período juvenil longo nas cultivares (FRANÇA NETO, 2004).

Essa busca de produção, se deve ao fato da soja ser a mais importante oleaginosa economicamente cultivada no mundo e tem sua participação em mais de 50% da produção total das oito principais oleaginosas (soja, algodão, amendoim, girassol, colza, linho, copra e palma). Por ter considerável teor de proteínas, proporciona múltiplas utilizações, sendo uma delas, a formação de um complexo industrial para o suprimento da demanda mundial de óleos vegetais e ração para animais confinados (ROESSING e GUEDES, 1993; OLIC, 2012).

Os grãos da soja possuem ainda propriedades terapêuticas, podendo reduzir os níveis de colesterol no sangue, o risco de diversos tipos de câncer e a osteoporose (FAPEMIG, 2012). Ainda podem ser citados os avanços em pesquisas com o objetivo de desenvolver alimentos funcionais a partir da soja, ou seja, alimentos que fornecem nutrientes ao organismo e trazem benefícios para a saúde (BARBOSA et al., 2006).

As atividades empresariais ligadas à soja, já chegaram a manter anualmente nove milhões de empregos, sendo 1,5 milhão de vagas diretas na produção agrícola e, por consequência, a soja é o maior programa de inclusão social do país, absorvendo 12,5% da população economicamente ativa e 51,4% da população ligada à atividade agropecuária (ROESSING e LAZZAROTTO, 2004).

Esses apontamentos fazem com que o gerenciamento eficiente no agronegócio da soja, por meio de adoção de tecnologias, que visam reduzir os riscos, aumentar a produtividade, preservar o meio ambiente e baixar custos, tenha grande relevância para sua participação em mercados cada vez mais globalizados e competitivos (EMBRAPA SOJA, 2011).

Em se tratando desses mercados, já faz tempo que a soja está sendo nomeada de *Commodity*, que é termo internacional significando mercadoria, utilizado para designar bens para o quais existe procura sem atender à diferenciação de qualidade do produto e por ser extraída da “terra”, mantém preço universal, o que torna os produtos de base muito importantes na economia, fato de que possuem cotação e negociabilidades globais (O'SULLIVAN e SHEFFRIN, 2003).

Mesmo assim, vários fatores estão influenciando os preços e a produção da soja no mundo, os mais destacados têm sido mudanças climáticas severas em alguns países, baixos estoques mundiais de grãos, aquecimento da economia de países emergentes e aumento da população (MAPA, 2012).

Já os principais fatores para a elevação dos preços da soja, são a demanda mundial crescente para grãos e produtos da pecuária, desvalorização do dólar americano e o crescimento da produção de biocombustíveis (USDA, 2011).

Na mesma corrente, cenários da economia mostram aumento de preços nos alimentos para os próximos anos, o que sinaliza a existência de desequilíbrios, originada por fatores relacionados à demanda, como renda e crescimento da população e/ou por fatores relacionados à oferta, como a redução da produtividade devido a mudanças climáticas, o que leva esses cenários a serem considerados indicadores do futuro da agricultura (NELSON, 2010).

Por tudo isso, a soja possui grande potencial a ser explorado, seja por sua variabilidade genética disponível que aumenta sua produtividade, ou pela capacidade brasileira de expansão de áreas para cultivo (ARIAS, 2004), todos esses fatores visam a médio e longo prazo, estabelecer o Brasil em patamares elevados perante o mercado mundial de grãos.

2.1.1 A produção da soja no âmbito mundial

As últimas avaliações da produção mundial de soja em 2011/2012, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA), apontam 245,07 milhões de toneladas e o consumo mundial estimado de 254,90 milhões de toneladas, sendo os EUA líder do ranking participando com 83,17 milhões de toneladas do grão, cerca de 34% da produção mundial. Por outro lado, as exportações mundiais previstas são de 90,89 milhões de toneladas e os estoques mundiais de 57,30 milhões de toneladas (RIBEIRO, 2012).

Na Tabela 1, estão demonstrados os números levantados referentes à oferta e demanda de soja no mundo e nos principais países produtores do grão na safra 2011/2012.

Tabela 1. Oferta e demanda de grãos de soja (milhões de toneladas) no mundo e nos principais países produtores

	Estoque Inicial	Produção	Importação	Esmagamento	Consumo total	Exportação	Estoque final
Mundo	70,19	236,03	90,11	224,64	253,84	90,54	51,94
EUA	5,85	83,17	0,41	45,99	48,75	36,74	3,94
Brasil	22,94	65,50	0,10	36,55	39,45	36,70	12,39
Argentina	22,87	41,00	0,00	36,20	37,80	7,80	18,27
China	14,56	13,50	57,50	59,80	70,80	0,25	14,51
U.E.	0,60	1,29	11,00	11,47	12,42	0,04	0,43

Fonte: USDA / compilado por Rural Centro (BRITO, 2013). U.E. = União Europeia.

Já a previsão do USDA, para o consumo global de soja para a safra de 2013 é de 256,9 milhões de toneladas, o que indica aumento de 1,2% em relação a 2012. A China, o maior consumidor mundial, apresenta previsão de aumento de 5,3% em relação ao ano anterior, atingindo 74,5 milhões de toneladas consumida; no Brasil, terceiro consumidor mundial, espera-se aumento de 1,1% sobre o ano de 2012 (NOGUEIRA, 2012).

2.1.2 Cadeia produtiva da soja no panorama nacional e regional

Com relação ao Brasil no mercado da soja, as perspectivas são positivas, tendo em vista as condições de preço para a próxima safra (2012/2013). Embora não se espere crescimento expressivo da demanda, dado a fragilidade das economias desenvolvidas, os países emergentes ainda representam um destino com razoável dinamismo para o consumo de soja (NOGUEIRA, 2012).

Na safra 2011/2012, a soja apresentou redução de 8,7 milhões de toneladas, passando de 75,32 milhões de toneladas colhidas em 2010/2011 para 66,68 milhões, sendo que as condições climáticas adversas causadas pelo fenômeno *La Niña* foram os responsáveis pelo resultado negativo (CONAB, 2012).

A região Sul do país foi a mais afetada pela estiagem, com diminuição de 37,1% na produção, resultante de reduções de 29,5% no Paraná; 48,4% no Rio Grande do Sul e 27,6% em Santa Catarina, quando comparadas com a produção da safra de 2010/2011, em que a redução na produção nacional de soja se aproximou de 10 milhões de toneladas (NOGUEIRA, 2012).

Projeções do agronegócio no Brasil para o período 2011/2012 à 2021/2022 preveem taxa de crescimento anual de produção na ordem de 2,3%, estando acima da mundial para os próximos dez anos que é de 0,84% (FAPRI, 2008).

Outra projeção é de expansão da área de semeadura, que deve chegar a 29,0 milhões de hectares em 2021/2022, representando acréscimo de 4,7 milhões de hectares em relação à 2011/2012, somando esses fatores, o acréscimo na produção de soja no país, dar-se-á pela combinação de expansão de área e de produtividade (MAPA, 2012).

A produção de soja no Brasil é liderada pelos estados de Mato Grosso, com 29,2%; Paraná com 18,4%; Rio Grande do Sul com 14,0% e Goiás com 10,8%; outros estados como Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia já respondem por 10,4% da produção Brasileira (MAPA, 2012). Os dados de produtividade e produção de soja nacional encontram-se na Tabela 2, apresentando o último levantamento da safra 2011/2012 e as estimativas para 2012/2013, salientando que esses números não distinguem soja convencional da transgênica.

Tabela 2. Dados de produtividade e produção de grãos de soja nos principais estados produtores e no país

ESTADOS	PRODUTIVIDADE (kg ha ⁻¹)			PRODUÇÃO (mil toneladas)		
	Safra 11/12	Safra 12/13	VAR. %	Safra 11/12	Safra 12/13	VAR. %
Mato Grosso	3.130	3.127	-0,1	21.849,0	24.011,0	9,9
Mato Grosso do Sul	2.550	3.000	17,6	4.628,3	6.051,0	30,7
Goiás	3.120	3.150	1,0	8.251,5	9.097,2	10,2
São Paulo	2.744	2.775	1,1	1.597,6	1.743,3	9,1
Paraná	2.453	3.200	30,5	10.941,9	15.080,3	37,8
Santa Catarina	2.420	3.100	28,1	1.084,9	1.565,5	44,3
Rio Grande do Sul	1.555	2.640	69,8	6.526,6	12.193,1	86,8
Brasil	2.651	3.023	14,0	66.383,0	82.678,9	24,5

Fonte: CONAB – Levantamento e estimativa de Janeiro/2013 (CONAB, 2013). Safra 11/12 = safra verão de 2011/2012. Safra 12/13 = levantamentos safra verão de 2012/2013.

Em relação ao Paraná, a semeadura da soja ocupou no verão 2012/2013, a maior área já destinada no Estado, sendo 80% do total de grãos semeados. As análises dos próprios agricultores elegeram a soja como melhor opção, aliado ao fato do retorno econômico, pois recentemente o preço médio – impulsionado pela “quebra” da safra norte-americana – subiu cerca de 76%, em relação à média dos preços pagos ao produtor em 2011. No Paraná, o valor oscilou R\$ 41,15 por saca de 60 kg em 2011 para R\$ 72,60 em 2012 (RURALBR, 2013).

2.1.3 A soja em relação ao manejo das plantas daninhas

O potencial produtivo das espécies vegetais cultivadas está ligado à intensidade de infestação das plantas daninhas, sendo que seu controle é necessário, visto que as mesmas competem com as plantas por fatores essenciais para seu desenvolvimento, como água, luz e nutrientes, além de servirem de abrigo para insetos, patógenos, nematóides e dificultarem ou inviabilizarem a sua colheita, resultando em prejuízos qualitativos e quantitativos à produção agrícola (FERRI e VIDAL, 2003).

Essas perdas no rendimento da soja, causadas pela interferência das plantas daninhas são variáveis com as condições edafoclimáticas e de manejo da lavoura, podendo inclusive, comprometer grande parte da produção (SILVA et al., 2007). Nesse sentido, a adoção de medidas como a implantação do sistema plantio direto na palha (SPDP) pelos agricultores, tem contribuído para o sucesso no controle de diversas espécies invasoras (SANTOS et al., 2008).

Neste sistema citado, o manejo da vegetação presente na área antes da semeadura da soja, realizado com a aplicação de herbicidas, é operação designada de “dessecação de manejo”, sendo que o principal herbicida utilizado é o glyphosate. Os principais atrativos desse herbicida, que determinou sua preferência são: o controle de diversas espécies de plantas daninhas (independentemente do estágio de crescimento), o controle de espécies de propagação vegetativa, não deixar resíduos no solo que acarretem danos ou atraso na semeadura das plantas (PETTER et al., 2007) e a redução do custo das aplicações em relação a outros herbicidas dessecantes (BORÉM, 2004).

Após a emergência da soja, ainda é necessário o controle das plantas daninhas que vierem a germinar e o controle químico é designado de aplicações pós-emergente, vale citar que leva ao uso de vários tipos de herbicidas seletivos para a soja e que controlam plantas de folha larga (dicotiledôneas) e de folha estreita (monocotiledôneas), aplicados uma única vez ou de forma sequencial (EMBRAPA SOJA, 2003).

O controle químico é, portanto, o principal método utilizado nas lavouras de soja do Brasil, principalmente em extensas áreas de produção de grãos, a exemplo do cerrado brasileiro (PROCÓPIO et al., 2006; MENDELSON, 1998).

Mesmo assim, o uso intenso de herbicidas podem causar danos às plantas que não são alvo da aplicação e, além do mais, o seu uso contínuo tem resultado na maior resistência de plantas daninhas por meio dos mecanismos da seleção natural, que beneficia biótipos

resistentes ou pré-existentes na população, levando ao aumento da quantidade destes indivíduos (KUJAWA, 1994). Essa população de plantas resistentes tende a aumentar a ponto de comprometer o nível de controle das mesmas (NORTOX, 2012).

Esse problema já foi encontrado em diversos princípios ativos de herbicidas, que chegaram ao mercado como panaceia, mas foram mal manejados e, ao longo do tempo, favoreceram o surgimento de espécies de plantas resistentes, aumentando o custo de controle e se tornando um “pesadelo” para o agricultor (PEREZ e KOGAN, 2003; CHRISTOFFOLETI, 2008).

2.1.4 O início da soja transgênica no Brasil e sua expansão

A elevada quantidade de plantas daninhas nas áreas de produção e a presença de biótipos resistentes de *Bidens spp.* (Picão-preto) e *Euphorbia heterophylla* (Leiteiro), aos inibidores de ALS (Acetolactato sintase), e de *Brachiaria plantaginea* (Capim-marmelada) aos inibidores da ACCase (Acetilcoenzima-A carboxilase), estavam inviabilizando técnica e economicamente o cultivo da soja convencional, o que despertou o interesse pela soja transgênica Soja Roundup Ready[®] ou RR no Brasil (GAZZIERO et al., 2008).

Por conceito tem-se que todo organismo, cujo material genético tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética, envolvendo atividade de manipulação de DNA/RNA recombinante, mediante a modificação de segmentos de DNA/RNA natural ou sintético e que possa multiplicar-se em célula viva, são considerados organismos geneticamente modificados (OGM) (SCALZILLI, 2012).

Esse conceito é utilizado na engenharia genética, o que permitiu a transferência de genes inteiros de um organismo para outro, quando então o organismo é oficializado como transgênico, pois adquire característica que nunca fizera parte do repertório de sua espécie e, além do mais, adquire a capacidade de transmiti-la para sua progênie (LEITE, 1999).

A soja transgênica RR “materializada” pela empresa Monsanto[®], recebeu o gene CP4-EPSPS, presente na bactéria de solo *Agrobacterium sp.* cepa CP4, utilizando-se a técnica de transformação por aceleração de partículas metálicas recobertas com material genético, denominada biobalística (WINDELS et al., 2001).

O inserto genético para a transformação, ou ‘cassete transgênico’ (Figura 1), contém parte do promotor do Vírus do Mosaico da Couve-flor (CaMV 35S), seguido do peptídeo de trânsito de cloroplasto da EPSPS (CTP EPSPS) de Petúnia híbrida, a sequência codificadora CP4 EPSPS e parte do terminador de transcrição NOS da nopalina sintetase da *Agrobacterium tumefaciens* (PADGETTE et al., 1996; MOLDES et al., 2008).

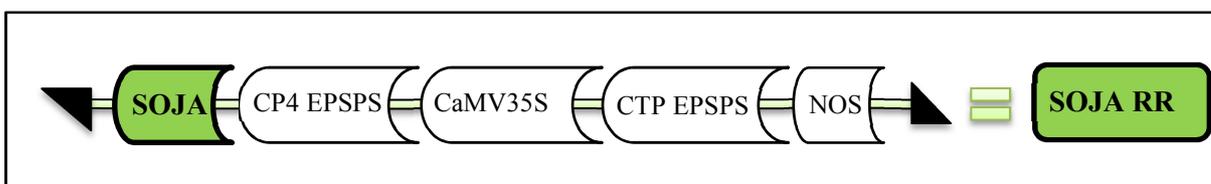


Figura 1. Esquema molecular do cassete inserido no material genético da soja RR. Fonte: adaptado de Padgett et al. (1996) e Abrahão (2008).

Sabendo que o glyphosate age bloqueando a enzima EPSPS (5-enol-piruvil-shiquimato-3-fosfato sintase) e inibindo a rota do Ácido Shiquimato que, por conseguinte produz aminoácidos essenciais (MOLDES et al., 2008; FRANZ et al., 1997), a inserção deste gene na planta codifica a proteína CP4, que é parecida com a EPSPS, exceto em sua tolerância ao glyphosate. Logo, quando introduzida no genoma da soja, tornou a planta resistente a aplicação do herbicida (AMARAL et al., 2006).

A soja RR é tolerante ao glyphosate por possuir isoforma da EPSPS resistente a essa molécula (BOHM et al., 2008). Sob tratamento com esse herbicida, as plantas de soja transgênicas não são afetadas, em virtude da ação continuada e sistemática dessa enzima alternativa, insensível ao produto, sendo que as demais plantas presentes no campo são completamente eliminadas (SANTOS et al., 2007a).

Para exemplificar, na Figura 2 está demonstrado esquematicamente, a rota do Ácido Shiquimato nas plantas e o modo de ação do glyphosate na soja convencional e transgênica. Para a convencional (Figura 2-A), tente-se o herbicida afetando a produção dos aminoácidos aromáticos (Triptofano, Fenilalanina e Tirosina) pela interferência na rota do Shiquimato. Para a soja RR (Figura 2-B) a presença da CP4-EPSPS faz com que o herbicida não consiga bloqueá-la, assim, a via metabólica não é interrompida e as plantas se desenvolvem normalmente com a produção dos aminoácidos (VARGAS et al., 1999).

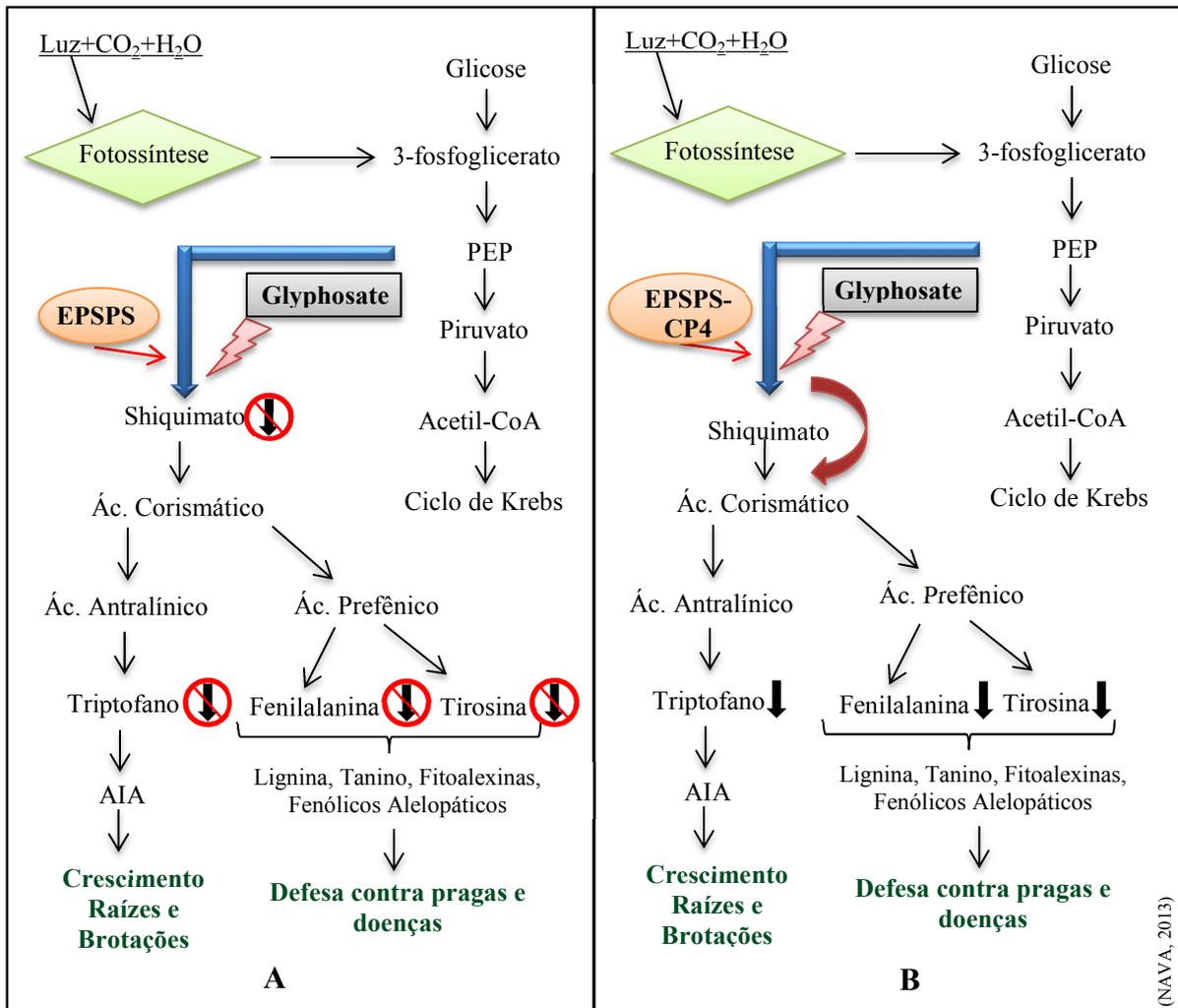


Figura 2. Esquema da rota do Ácido Shiquimato e o modo de ação do glyphosate na soja convencional (A) e transgênica (B). Fonte: Adaptado de Vargas et al. (1999) e Santa Clara (2013).

Devido a essa inovação tecnológica, era de se esperar que os agricultores fossem ao encontro dessa tecnologia. Na Figura 3, estão representados esquematicamente, os principais fatos relacionados à legislação e introdução da soja RR no Brasil de forma cronológica.

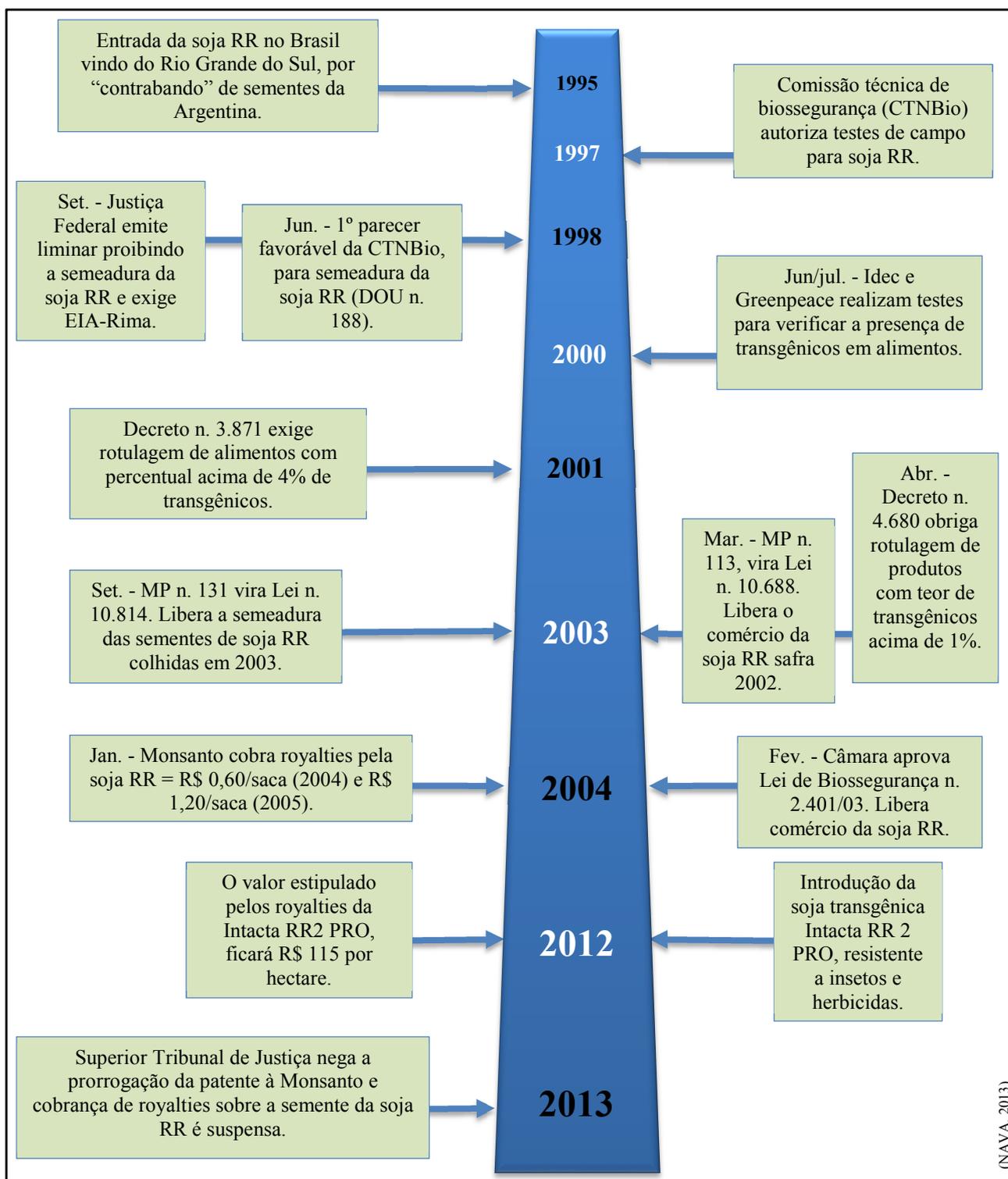


Figura 3. Cronograma dos principais fatos relacionados à legislação e introdução da soja RR no Brasil. Fonte: Adaptado de Seagri (2010); Oliveira (2013); Embrapa Soja (2013); Brasil (2003) e Brasil (2005).

Quando se busca as vantagens da soja RR, encontra-se a promessa de reduzir o número e o custo das aplicações de herbicidas e resultar em controle eficiente das plantas daninhas (BORÉM, 2004), pois se utiliza apenas o glyphosate, em aplicações únicas ou sequenciais (GAZZIERO et al., 2006). Do ponto de vista econômico, seria forte aliada do setor agrícola, pois reduz os custos de implantação, devido a menor quantidade de defensivos agrícolas e de combustíveis fósseis (WEYERMULLER, 2004).

As vantagens econômicas ainda vão além, segundo Santos e Montoya (2004), a implantação desta tecnologia beneficiaria vários grupos da economia brasileira, como o agricultor, seus provedores e o consumidor final; haja visto que a redução dos custos de produção, diminui o preço dos derivados. Também a redução do uso de herbicidas, significa número menor de embalagens descartadas, rios e solos menos expostos a contaminação, reduzindo às intoxicações de pessoas e animais e diminuição de gases poluentes lançados na atmosfera pelo menor uso de maquinários (REIGOTA, 2013).

Mas todas essas vantagens não permitiram o completo aceite dessa tecnologia, o uso contínuo e repetitivo do glyphosate trouxe certa resistência a algumas plantas daninhas. Além disso, há o temor que o “mercado” seja dominado por apenas um herbicida, constituindo assim monopólio (KLEBA 1998; WEYERMULLER, 2004), isto tudo, aliado que o solo receberá cada vez mais quantidades significativas de glyphosate, o que poderá acarretar em desequilíbrio de fatores bióticos e abióticos (MALTY et al., 2006).

Com a liberação da soja RR no país, a intensidade do uso de glyphosate que já era grande, devido às aplicações de dessecação, passou a ser ainda maior, com a possibilidade de seu uso em pós-emergência, deste modo, já na segunda safra após a liberação, aproximadamente 35% de toda a soja cultivada na região Centro-Oeste era formada por cultivares RR (PETTER et al., 2007).

Segundo Furlaneto et al. (2008), em São Paulo, na safra 2005/2006, o cultivo da soja RR apresentou o custo operacional total menor do que a convencional, porém, a produtividade das cultivares de soja RR foi inferior ao das convencionais, o que favoreceu o menor custo por saca para a soja convencional, por tanto, há necessidade de continuar a avaliação das cultivares de soja RR para conhecer as mais adaptadas regionalmente e tornar mais seguras às indicações técnicas.

Mas há quem refuta essas afirmações, de que soja RR é menos produtiva que as similares convencionais, sendo que a probabilidade de ocorrer o contrário é mais significativo, pois não há mato competição e também as impurezas e umidade dos grãos

durante a colheita é reduzido, diminuindo perdas de classificação, sendo que produtividades menores quando encontradas é de caráter técnico, de planejamento, manejo e problemas de fertilidade devido ao uso incorreto do glyphosate na pós-emergência (LAMB, 2009).

Devido ao fato que o Paraná possui grande diversidade ambiental e a soja ser cultivada em todas as regiões, já na safra de 2006, 47% das cultivares eram transgênicas, pelo motivo da simplificação no controle de plantas daninhas. Há relatos que no Estado, não exista diferença no desempenho produtivo entre as variedades de soja convencional e da RR, nos grupos de maturação distintos, mas sim os efeitos de local afetariam mais intensamente a produtividade desses tipos de soja, independente do ciclo de maturação (LIMA et al., 2008).

Últimos dados reportam que a área de implantação de plantas transgênicas no Brasil, teve avanço de 4,6 milhões de hectares, totalizando 37,1 milhões, sendo que a soja lidera com 24,4 milhões de hectares. No ranking por regiões (Tabela 3), os que mais disseminaram a biotecnologia foi o Mato Grosso, Paraná e o Rio Grande do Sul. No Paraná, a soja RR já corresponde a mais de 84% da área total do Estado, e na safra 2012/2013 o uso de transgênicos cresceu 6,25% em relação à safra passada (CÉLERES, 2013).

Tabela 3. Dados referentes à adoção da biotecnologia de resistência a herbicida na soja dos principais estados produtores e no Brasil

	Área (milhões ha)	Adoção (% da área total)	Área com biotecnologia (milhões ha)
Mato Grosso	7,78	87,0	6,77
Paraná	4,77	84,8	4,04
Rio Grande do Sul	4,45	99,0	4,41
Goiás	2,81	93,2	2,62
Brasil	27,46	88,7	24,36

Fonte: compilado do relatório de biotecnologia da Céleres de dezembro de 2012 (CÉLERES, 2013).

O Brasil tem o maior potencial mundial para produção da soja RR, principalmente pelos fatores de condições edafoclimáticas e a disponibilidade de áreas agrícolas para o cultivo (SANTOS et al., 2007a). Esses apontamentos indicam que a adoção de tecnologias, terá grande relevância para manter o Brasil em destaque, perante o mercado de grãos globalizados.

2.2 Aspectos relevantes ao herbicida glyphosate

A molécula do glyphosate, descoberta na década de 1950, foi formulada pela empresa privada Monsanto® no início da década de 1970 e teve sua comercialização iniciada em 1974, chegando ao Brasil em 1978. Já no ano de 2000 o herbicida era vendido em 119 países sob inúmeras formulações comerciais, produzidas por empresas com diferentes níveis tecnológicos e com mais de 150 marcas comerciais (GALLI e MONTEZUMA, 2005).

Com o nome comum de Glifosato, e mais técnico e literal de Glyphosate, possui a fórmula molecular $C_3H_8NO_5P$ e nome químico N-(phosphonomethyl)glycine, na concentração de Sal de Isopropilamina de Glyphosate 648 g L^{-1} (480 g L^{-1} equivalente ácido), tem massa molar de $169,1 \text{ g mol}^{-1}$ e é herbicida organofosforado não seletivo e sistêmico (AMARANTE Jr. et al., 2002).

Comercializada em formulação de concentrado solúvel (SL), sua classe de herbicida pertence ao grupo químico glicina substituída e tem mecanismo de ação no inibidor da EPSPS. Sua classe toxicológica vai de III - Medianamente Tóxico à II - altamente tóxico e potencial de periculosidade ambiental III - perigoso ao meio ambiente (MONSANTO, 2012).

Em condições ambientais, tanto o glyphosate quanto seus sais, são sólidos cristalinos, muito solúveis em água (12 g L^{-1} a 25 °C) e quase insolúveis em solventes orgânicos comuns, tais como acetona e etanol, funde a 200 °C , possui densidade aparente de $0,5 \text{ g cm}^3$ e não é sensível a fotodegradação (TEMOLIN, 1994). Os valores de pK encontrados na literatura para o glyphosate são: $pK_1 = 0,8$; $pK_2 = 2,16$; $pK_3 = 5,46$; $pK_4 = 10,14$ (WAUCHOPE, 1976).

O glyphosate possui amplo espectro de controle de plantas daninhas, porém, o uso exclusivo desse herbicida em áreas de soja RR pode ter limitações, sendo que algumas espécies podem requerer doses mais elevadas, aplicação sequencial, ou ainda, a adição de outro herbicida para um controle eficiente (ATEH e HARVEY, 1999).

No Brasil, as misturas em tanque são proibidas por lei e não possuem respaldo técnico, embora seja prática rotineira. No entanto, o herbicida glyphosate aplicado isoladamente ocasiona menor injúria às plantas de soja (CORREIA et al., 2008). Assim, considerando a eficácia do herbicida, não é necessário grande quantidade de produto absorvido para acarretar a morte de plantas sensíveis (FERREIRA et al., 2006).

O comércio mundial de agroquímicos cresce ano após ano, só o glyphosate já chegou a representar 60% do mercado mundial de herbicidas não seletivos, com faturamento de US\$ 1,2 bilhão ano⁻¹ com a venda do produto. Neste cenário, embora muitas inovações surjam conforme as necessidades do mercado e do agricultor, por exemplo, as plantas transgênicas, o uso de herbicidas ainda tem destaque e importância, visto que a maioria destas inovações não impede o florescimento das plantas daninhas nas lavouras (AMARANTE Jr. et al., 2002).

2.2.1 Modo de ação e efeito fisiológico do glyphosate nas plantas

O modo de ação do glyphosate consiste na alteração de processos bioquímicos vitais nas plantas, como a biosíntese de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos. O herbicida é absorvido pelo tecido vivo e translocado, via floema, através da planta para raízes e rizomas, e sua ação inibe enzimas específicas como a EPSPS (TEMOLIN, 1994).

Embora se considere que a primeira lesão bioquímica do glyphosate ocorra na via do Shiquimato, o primeiro sintoma de ação do herbicida é a clorose em folhas jovens, e a morte das plantas sensíveis pode ocorrer em alguns dias ou até semanas (MOLDES et al., 2008). Atualmente, se aceita que o glyphosate bloqueia a enzima EPSPS, a qual catalisa a formação da enzima EPSP do phosphoenolpyruvate (PEP) e shikimate 3-phosphate (S3P), com consequente inibição na produção dos aminoácidos aromáticos (FRANZ et al., 1997).

A inibição dos aminoácidos aromáticos essenciais (fenilalanina, tirosina e triptofano), foi primeiramente relatada por Jaworski (1972), que por sua vez, também são precursores de outros produtos, como lignina, alcalóides, flavonóides e ácidos benzóicos (VARGAS e ROMAN, 2006). Por fim, as plantas tratadas com o herbicida morrem lentamente, e devido ao transporte por todo o sistema, nenhuma parte da planta sobrevive (COUTINHO e MAZO, 2005; TORRES et al., 2003).

Pesquisas investigam o mecanismo de ação do glyphosate focando na produção ou degradação de aminoácidos aromáticos. No entanto, além da inibição também há redução do conteúdo de clorofila. Isso sugere que existe mais de um mecanismo de ação do glyphosate ou que ele bloqueia um processo fisiológico comum para produção da clorofila, antocianina e aminoácidos aromáticos (KITCHEN et al., 1981).

Embora ainda não se conheçam exatamente todos os mecanismos secundários da atuação do glyphosate nas plantas, acredita-se que este possa complexar importantes elementos minerais dentro delas, reduzindo a disponibilidade destes para seu metabolismo, podendo levar à indução de deficiências de determinados micronutrientes (ZOBIOLE e OLIVEIRA, 2009).

Vale salientar que o primeiro modo de ação dessa substância foi com a menção da propriedade metal-quelante do glyphosate, a qual interfere na absorção de diversos íons metálicos pelas plantas, por meio da formação de complexo metálico (NILSSON, 1985).

2.2.2 Glyphosate: propriedades bioquímicas e toxicidade

Os tipos de glyphosate que veem sendo comercializados são: glyphosate-isopropilamônio, glyphosate-sesquisódio (patenteados pela Monsanto[®] e vendido como Roundup[®]), e glyphosate-trimesium (patenteado pela Syngenta[®]). Seja como sal de amônio ou sódio, glyphosate é um organofosfato que não afeta o sistema nervoso, da mesma maneira que outros organofosforados, como os inseticidas inibidores da enzima colinesterase (AMARANTE Jr. et al., 2002).

A formulação comercial mais comum SL, apresenta 41% de ingrediente ativo, enquanto que os outros 59% incluem o composto polietoxietilenoamina (POEA), o sal de isopropilamina e outros ingredientes. Com isso, a dose letal necessária para matar 50% de uma população em teste (DL50), baseada na alimentação oral de ratos machos é de 4.320 mg kg⁻¹, enquanto a DL50 dérmica, para coelhos é de 7.940 mg kg⁻¹ (MONSANTO, 1980).

Desse modo, a toxicidade aguda deste herbicida é considerada baixa de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) (TEMOLIN, 1994), o que pode ser atribuída à modalidade bioquímica de ação do glyphosate em caminho metabólito nas plantas (Mecanismo do Ácido Shikimico), similar ao existente em alguns microrganismos, porém não existindo em animais (AMARANTE Jr. et al., 2002).

A exposição mais frequente das pessoas ao glyphosate ocorre quando elas usam este herbicida nas suas atividades agrícolas, por ingestão de alimentos contaminados e exposição causada pela deriva e contato com o solo ou águas de consumo e recreação (COX, 1995).

Embora a toxicidade seja considerada baixa, o herbicida pode causar defeitos crônicos de nascimento em determinadas espécies de animais, em doses elevadas e período prolongado.

Assim, a dose diária aceitável por massa corpórea deste composto é de $0,05 \text{ mg kg dia}^{-1}$ (TEMOLIN, 1994). Estudos feitos com ratos já haviam demonstrado perda de peso, descarga nasal, morte de matrizes grávidas, desordens digestivas e diminuição da atividade de algumas enzimas (AMARANTE Jr. et al., 2002).

Entre os efeitos agudo e crônico em humanos, após a ingestão de doses elevadas são citados: dermatite de contato, epigastralgia, ulceração ou lesão de mucosa gástrica, hipertermia, anúria, oligúria, hipotensão, conjuntivite, edema orbital, choque cardiogênico, arritmias cardíacas, edema pulmonar não-carcinogênico, pneumonite, elevação de enzimas hepáticas, acidose metabólica e hipercalemia (NORTOX, 2012).

Sendo não seletivo, o largo espectro de atividade do herbicida conduz à destruição de ambientes naturais e de fontes de alimento de alguns pássaros e anfíbios, levando à redução das suas populações. Um exemplo disso é a espécie de sapo (*Rana aurora draytonii*) da cidade de Houston – EUA (AMARANTE Jr. et al., 2002) e da cidade da Califórnia – EUA (CAREY et al., 2008), considerada espécie em perigo de extinção devido à destruição de seu *habitat* pelo glyphosate.

Já houve estudo em que foi encontrado $1,8 (\pm 0,4) \text{ mg kg}^{-1}$ de resíduos de glyphosate em grãos de soja RR (ARREGUI et al., 2004). A quantidade máxima de resíduo de determinado agroquímico que pode ser aceita em cada alimento destinado ao consumo humano é chamada de Limite Máximo de Resíduo (LMR) que é tabelado e estabelecido pelo “Codex Alimentarius Commission”, corpo subsidiário da FAO (Food and Agriculture Organization) (NUNES, 1999).

Na legislação brasileira, os agroquímicos têm seus LMR e intervalo de segurança, ou carência (intervalo entre a aplicação do agroquímico e a colheita), estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Para o glyphosate, há um LMR de $10,0 \text{ mg kg}^{-1}$ em grãos de soja e Ingestão Diária Aceitável (IDA) de $0,042 \text{ mg kg}^{-1}$ de m.c. (massa corporal) (ANVISA, 2012). Já a carência é de 56 dias, para que os resíduos se mantenham dentro dos níveis permitidos pela legislação brasileira (GAZZIEIRO et al., 2008).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) estabelece limite de $700 \mu\text{g L}^{-1}$ de glyphosate em água potável como um limite consultivo de saúde (BARCELÓ, 1993). Entretanto, a Comunidade Econômica Européia (CEE) estabelece como concentração

máxima admissível para agroquímicos em água potável, limite de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$, desde que a concentração total de agroquímicos não ultrapasse $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ (IAEAC, 1994).

No Brasil, as águas são divididas em classes pela resolução nº 20 de 18 de junho de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A resolução nº 357/2005, estabeleceu limite máximo de glyphosate em águas superficiais de $65 \mu\text{g L}^{-1}$ para classes 1 e 2 e, de $180 \mu\text{g L}^{-1}$ para águas classe 3 (CONAMA, 2013).

2.2.3 O glyphosate e os efeitos na microbiologia do solo e sanidade das plantas

No ambiente, o glyphosate tende a ser inativo em contato com o solo, desde que seja adsorvido por este e o mecanismo não é inteiramente compreendido, no entanto, supõem-se ligações similares às do fosfato inorgânico, porém esse fato tem sido demonstrado em laboratório, mas não tem sido medido no campo. Íons específicos de ferro e alumínio (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) complexam-se com glyphosate, e os complexos de metal com ácidos húmicos em solo podem ser mecanismo de ligação deste às partículas do solo (KUJAWA, 1994).

O glyphosate é complexado pelos cátions liberados das argilas, via reação de troca de cátions com a solução de prótons, formando complexos de glyphosate (GLASS, 1987). Os microrganismos são os principais responsáveis pela degradação do herbicida, sendo que 50% da molécula original são metabolizadas em 28 dias chegando a 90% em 90 dias e o AMPA é o principal produto da sua degradação no solo, sendo formado pela ação microbiana (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005).

Com o crescente uso do glyphosate, tanto para dessecação, pós-emergência da soja RR ou no manejo de plantas perenes, levantamentos apontam que estejam ocorrendo efeito negativo sobre os microrganismos do solo por meio dos surfactantes presentes na composição do produto, que podem agir diretamente na intoxicação dos mesmos ou indiretamente pela absorção do herbicida por esses microrganismos, que por acaso possuem em seu metabolismo a enzima EPSPS (SANTOS et al., 2007b).

O principal efeito negativo aos microrganismos do solo, está na diminuição da nodulação nas raízes da soja (SANTOS et al., 2007a; ZOBIOLE et al., 2010b). Dvoranen et al. (2008) também observaram que o número e a matéria seca de nódulos da variedade BRS 247 RR são reduzidos com aplicações de glyphosate, tendo efeitos negativos na fixação biológica do nitrogênio (N).

Os autores Bohm et al. (2008), em seu trabalho, que avaliou resíduos de glyphosate em soja transgênica BRS 244 RR, verificaram que a aplicação resultou em teores elevados do herbicida e AMPA no solo e nos grãos, no qual os resíduos de glyphosate foram superiores ao permitido pela legislação vigente, que é de 10 mg kg⁻¹.

Existem no mercado vários produtos a base de glyphosate, as particularidades de cada formulação incluem maior intoxicação a organismos não-alvo, principalmente para a microbiota do solo (SANTOS et al., 2005), maior velocidade de translocação e de ação (MOLIN e HIRASE, 2005), melhor controle de algumas espécies de plantas daninhas (JAKELAITS et al., 2001; MOLIN e HIRASE, 2004; LI et al., 2005) e desbalanço no estado nutricional das plantas (DUKE et al., 1983).

Também existem efeitos variáveis entre a tolerância de *Bradyrhizobium*, em função da formulação do produto comercial de glyphosate, pois 15 dias após a aplicação, houve leve efeito tóxico de Roundup Ready[®] (25% de escala visual), seguido por Zapp Qi[®] (28%) e Roundup Transorb[®] (40%), após atingir o florescimento. Mesmo com a recuperação das plantas, Roundup Transorb[®] diminuiu consideravelmente o número de nódulos radiculares, produzidos na simbiose entre soja e o simbiote (SANTOS et al., 2005).

Além da redução de fotoassimilados, o efeito dessa toxicidade resulta em menor rendimento de grãos, quando as plantas de soja são tratadas com o Roundup Transorb[®]. Essa diminuição da capacidade da soja RR em realizar a simbiose com o *Rhizobium* para formação dos nódulos, pode contribuir para menores teores desse elemento nas folhas, uma vez que, na soja não se realiza a adubação nitrogenada (SANTOS et al., 2007a).

Os autores Zilli et al. (2008), estudando o efeito de glyphosate na rizosfera da soja, mostraram que não houve alterações no teor de carbono da biomassa microbiana do solo e na respiração basal do solo, contudo observaram alterações na comunidade bacteriana associada à rizosfera da soja, na forma de restrição do crescimento de determinadas bactérias e estímulo de outras. Assim sendo, práticas culturais, como a aplicação de agroquímicos, pode interferir diretamente na estrutura da comunidade microbiana do solo e naquela associada às raízes (KENNEDY, 1999).

Os resultados obtidos reforçam a hipótese de que o glyphosate pode prejudicar a simbiose entre *Rhizobium* e a soja, uma vez que o microssimbiote também apresenta em seu metabolismo a EPSPS, a qual é sensível a esse herbicida (SANTOS et al., 2007a).

Dessa forma, todas as práticas agrícolas nessa espécie de planta deverão considerar os impactos sobre o *Rhizobium*, a fim de possibilitarem a perpetuação dos simbioss, sem prejuízos para a associação (FERREIRA et al., 2006).

Para Huber (2007), o glyphosate interfere na população de micorrizas, comprometendo a nutrição das plantas em solos com baixa disponibilidade de Zn e P. Também esse herbicida estimula o aumento de organismos patogênicos e oxidantes de Mn, os quais indisponibilizam esse nutriente para a planta e a predispõe ao ataque de doenças. Essa alteração no balanço entre as populações de organismos redutores e oxidantes de Mn na rizosfera, torna este nutriente menos disponível às plantas (YAMADA, 2007).

Há relatos que o herbicida glyphosate aplicado em plantas de soja RR ocasiona aumento da colonização das raízes pelo fungo *Fusarium* spp. e, em consequência, a incidência da doença causada por esse patógeno, o que ainda pode ser na própria soja e até nas plantas cultivadas que a sucede (KREMER, 2003).

Esse efeito sinérgico, do glyphosate com o fungo, advém da inibição que esse herbicida provoca em rizobactérias antagônicas, como exemplo as *Pseudomonas* spp. do grupo fluorescentes. Também ocorre a inibição da produção de fitoalexinas nas plantas e o aumento da exsudação de aminoácidos e carboidratos no sistema radicular, que favorece o desenvolvimento de alguns microrganismos, como no caso do *Fusarium* spp. (KREMER, 2003; KREMER et al., 2005).

O que vem preocupando pesquisadores é o fato que cultivares resistentes a certas doenças, quando modificadas geneticamente, podem vir a perder essa característica; como o que está acontecendo na Argentina, onde cultivares transgênicas de soja foram severamente afetadas pela doença mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina*), antes resistentes (YORINORI, 2012).

2.2.4 O herbicida glyphosate e seus efeitos na nutrição da soja RR

A soja RR tem se expandido rapidamente nos últimos anos no Brasil, já os efeitos do glyphosate sobre a contaminação do solo, da água e do ar, têm sido considerados mínimos em relação aos herbicidas que ele substitui (CERDEIRA e DUKE, 2006). Por outro lado, teoricamente, cultivares transgênicas seriam alteradas somente em sua capacidade de resistência ao herbicida, mas, na prática, a complexidade do genoma da soja pode resultar no

fato de a introdução de um novo gene poder alterar a regulação de outros (GRESSHOFF, 1993).

Resultados já indicaram efeitos da modificação genética pela introdução do gene de tolerância ao glyphosate, na nutrição mineral da espécie vegetal, quanto aos teores foliares de cálcio (Ca), manganês (Mn), nitrogênio (N), fósforo (P) e magnésio (Mg). As alterações mais expressivas foram observadas para Ca e Mn, indicando que para esses nutrientes a modificação genética proporcionou diminuição de seus teores foliares em relação ao material convencional original (FRANCHINI et al., 2009).

Santos et al. (2007a) revelaram que, na presença do glyphosate, o Ca era transportado para raízes e hipocótilo, contudo, a partir de quatro dias da aplicação, a translocação desse nutriente para as folhas de soja era fortemente inibida na presença do herbicida.

Também Duke et al. (1983) observaram redução do teor de Ca em plantas de soja tratadas com glyphosate, e que quatro dias após a aplicação do herbicida a translocação de Ca para as raízes e o hipocótilo era drasticamente reduzida, indicando que a modificação genética da soja RR tem efeito marcante no balanço nutricional, com destaque para N, P, Ca, Mg e Mn.

Em contrapartida, os autores Correia e Durigan (2007), em seu trabalho sobre a seletividade de diferentes produtos comerciais à base de glyphosate na soja RR (CD 214 RR e M-SOY 8008 RR), concluíram que entre Roundup Ready[®], Roundup Transorb[®], Roundup Original[®], Roundup WG[®], Polaris[®], Gliz[®], Glyphosate Nortox[®] e Trop[®], não há influência no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas de soja, e apesar da presença de diferentes surfactantes e inertes nas suas composições, os herbicidas apresentaram comportamentos similares em ambas às variedades de soja RR avaliadas.

No trabalho de Krausz e Young (2001), o glyphosate causou clorose mais acentuada nas folhas quando aplicado no estágio R1 (início de florescimento) da soja RR, e isso foi intensificado com o aumento das doses utilizadas, no entanto, os sintomas permaneceram restritos às folhas que receberam o produto, e as novas apresentaram-se sem injúrias.

Já em outro trabalho, o glyphosate proporcionou amarelecimento e descoloração das folhas de soja (cultivar DP 5806 RR) entre o primeiro e o segundo dia após a aplicação (REDDY e ZABLATOWING, 2003), e para Correia e Durigan (2007), as injúrias diminuíram com o tempo e a recuperação das plantas foi total aos 14 dias após a segunda aplicação do herbicida, concluindo que os sintomas de intoxicação nas plantas de soja RR e a inibição no

desenvolvimento de nódulos podem ocorrer, porém, a soja possui capacidade de recuperação dos efeitos do glyphosate, sem prejuízos à produtividade de grãos.

Correia et al. (2008) em seu trabalho cujo objetivo foi de avaliar os possíveis efeitos fitotóxicos de herbicidas aplicados em pós-emergência, isolados e em misturas, na soja RR (M-SOY 8008 RR), concluíram que, mesmo apresentando essa fitointoxicação, não houve influência no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da soja.

Eker et al. (2006) demonstraram que o glyphosate pode levar à deficiência de Mn e Fe na planta por mecanismos envolvendo a formação de complexos imóveis. Mesmo o fato da soja RR poder sofrer injúrias ocasionadas pelo herbicida (REDDY e ZABLATOWING, 2003); não há relatos na literatura sobre reduções significativas na produtividade de grãos (ELMORE et al., 2001; KRAUSZ e YOUNG, 2001; GREY e RAYMER, 2002).

No entanto, há relatos de agricultores sobre o possível efeito do glyphosate afetando negativamente o desenvolvimento inicial de plantas de soja, para a qual esse produto é recomendado. Esse efeito pode estar relacionado ao aumento demasiado da dose aplicada, efeito de outras substâncias químicas naturais ou sintéticas, como aleloquímicos ou surfactantes (RODRIGUES e ALMEIDA, 2005).

Com relação aos efeitos negativos do glyphosate sobre a soja RR, é possível atribuir a causa a adjuvantes presentes na formulação ou ao tipo de sal presente (PLINE et al., 1999; REDDY e ZABLOTOWICZ, 2003).

O sintoma típico observado no campo após a aplicação do glyphosate é conhecido como *yellow flashing* ou amarelecimento das folhas superiores. Algumas cultivares de soja RR não apresentam nenhum amarelecimento enquanto outras podem apresentar alta fitointoxicação causada pelo herbicida, e nesse caso, muitos agricultores e técnicos recomendam a utilização do elemento Mn, em aplicação concomitante ou subsequente ao uso do herbicida (ZOBIOLE e OLIVEIRA, 2009).

É necessário um novo protocolo para definir os riscos no uso do glyphosate, uma vez que a sua interferência na absorção e transporte dos micronutrientes podem causar deficiências e representar ameaça potencial para a nutrição das plantas (YAMADA, 2007). Para isso novas pesquisas são necessárias para embasar tais riscos.

2.3 Aspectos relevantes ao micronutriente manganês

O Mn é o micronutriente mais abundante no solo depois do Fe (FAQUIN, 2005), encontrando-o em teores que variam de 20 a 3.000 mg dm⁻³, sendo que a sua disponibilidade aumenta com a diminuição do pH do solo (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001). Ainda o Mn tem sua ocorrência nos solos brasileiros predominantemente pedogênica (BORKERT et al., 2001).

A disponibilidade de Mn no solo como nutriente de plantas e de outros organismos depende de seu estado de oxidação. A forma disponível é a reduzida, Mn²⁺, enquanto a forma oxidada Mn⁴⁺ resulta em óxidos insolúveis (MARSCHNER, 1995).

O Mn desempenha funções importantes na vida da planta. Entre essas, estão: participação na reação de fotólise da água e na evolução do oxigênio (O₂) no sistema fotossintético, formação de clorofila e na multiplicação, formação e funcionamento dos cloroplastos, além disso, atua no metabolismo do N e nos compostos cíclicos, como precursor de aminoácidos, hormônios, fenóis e ligninas (MALAVOLTA, 2008; MELARATO et al., 2002).

O Mn participa como catalisador em atividades enzimáticas do malato desidrogenase, fosfatase ácida e superóxido dismutase, entre outras (BURNELL, 1988). Também é cofator para: redutases de nitrito e hidroxilamina; oxidase de ácido indolacético; polimerase do RNA; fosfoquinase e fosfotransferases; neutralização de radicais livres formados na reação de Hill; controle de superóxidos e radicais livres produzidos pelo ozônio e por poluentes da atmosfera; atua na germinação do pólen e crescimento do tubo polínico (MALAVOLTA, 2008).

É absorvido na forma de Mn²⁺ pelas raízes e acumulado nos compartimentos do apoplasto e simplasto em três frações distintas: a forma trocável, referente ao apoplasto, que está adsorvida às cargas negativas na matriz péctica da parede celular; a forma lábil, que é associada ao Mn localizado no citoplasma; e a forma não-lábil referente ao Mn depositado nos vacúolos (WANG, 2003).

Seu transporte das raízes para a parte aérea é feito como íon divalente, via xilema, seguindo a corrente transpiratória, sofrendo pouca remobilização e é um dos nutrientes que apresentam as maiores variações em termos de teor nas plantas (MUKHOPADHYAY e SHARMA, 1991).

Em se tratando do uso de micronutrientes na agricultura, independente do elemento, sua discussão deve ser avaliada regionalmente, levando em consideração fatores como o tipo e manejo do solo, clima e espécies de plantas cultivadas, tendo um especial cuidado com o excesso ou má distribuição do calcário nas lavouras, que possa vir a ocasionar supercalagem (PAULETTI, 1998).

Em estudos sobre relações entre nutrição mineral e doenças de plantas, Datnoff et al. (2007), escreveram que o Mn, em condição de deficiência, tem efeito no gene resistente ao glyphosate com indução da deficiência e maior dano levando a consequência de menor resistência às doenças; já para a condição de sua presença tem-se o efeito na síntese de compostos tóxicos ao patógeno levando a consequência de maior resistência.

2.3.1 Toxicidade de manganês e seus efeitos na soja

Os sintomas de toxicidade de Mn são amplamente relatados na literatura em diversas espécies vegetais e as variações das concentrações de Mn nas plantas têm sido atribuídas às diferenças inter e intraespecíficas, além das condições edafoclimáticas (FAGERIA, 2001; MORONI et al., 2003).

Os mecanismos de tolerância ao excesso de Mn têm sido associados à oxidação deste nutriente nas raízes, à restrição na taxa de absorção pelas raízes e ao transporte do excesso de Mn para as folhas, bem como à distribuição uniforme do Mn nos tecidos vegetais, à maior tolerância interna e à interação com outros nutrientes (MORONI et al., 2003).

Edwards e Asher (1982) observaram que há dois mecanismos de tolerância ao Mn em plantas de soja: no primeiro, a planta absorve grande quantidade de Mn sem prejuízos ao crescimento, o que é atribuído à tolerância interna ao elemento; no segundo, a planta controla a absorção radicular, não permitindo o transporte a longa distância.

A tolerância ao excesso de Mn, assim como de outros metais pesados, em diversas espécies vegetais, tem sido atribuída ao poder de retenção do excesso nas raízes que depende, em parte, da formação de complexos no sistema radicular (HAN et al., 2006).

Por sua vez, esses complexos podem apresentar diferenças quanto à sua mobilidade das raízes para a parte aérea, pois metais com elevada eletronegatividade, como o cobre (Cu) e o cobalto (Co), formam complexos estáveis nas raízes e são aí acumulados; por sua vez,

elementos com baixa eletronegatividade, como o manganês (Mn) e o zinco (Zn), são facilmente transportados à longa distância (HORIGUCHI, 1988; LAVRES Jr. et al., 2008).

Uma das inviabilidades econômicas da agricultura praticada em solos de baixa fertilidade é a acidez elevada, que geralmente resulta em toxicidade de Mn às plantas, sendo que seus sintomas são: plantas baixas, folhas encarquilhadas com superfície irregular (Figura 4) e a raiz principal e algumas secundárias mostram coloração preta e tecido necrosado (MASCARENHAS et al., 1994).

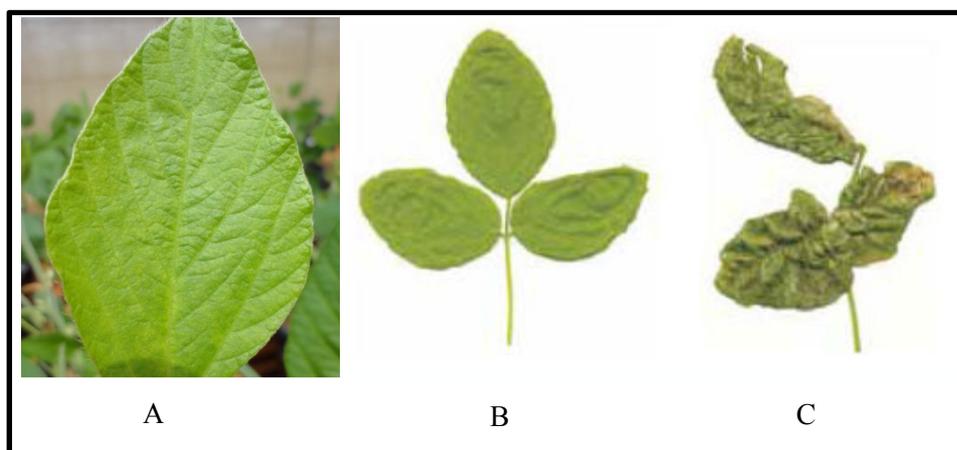


Figura 4. Sintomas de toxicidade foliar de Mn em soja. A e B - fase inicial; C - fase avançada. Fonte: (A) o autor; (B e C) adaptado de Lavres Jr. et al. (2008).

Dentre as pesquisas que tratam do Mn na nutrição de plantas, a maioria se refere à sua toxicidade, pela sua maior possibilidade de ocorrência, principalmente em solos que aumentam sua disponibilidade, como drenagem deficiente e com valores de pH inferiores a 5,0 (ABREU et al., 1994).

A discrepância entre a necessidade e o teor de Mn encontrado nos tecidos vegetais indica que, ao contrário da maioria dos nutrientes, sua absorção é pouco regulada pela planta, o que pode levar ao acúmulo de Mn a níveis tóxicos (CLARKSON, 1988). Um mecanismo de proteção contra o excesso de Mn pode ser sua oxidação nas raízes, o que varia entre espécies de plantas e mesmo entre variedades da mesma espécie (FOY et al., 1988).

Uma saída para a toxicidade de Mn é mencionada pelos autores Cardoso et al. (2003), que concluíram em seu trabalho sobre absorção e translocação de Mn em soja micorrizadas, que a associação micorrízica eficiente diminuiu o teor de Mn na parte aérea da soja cultivada sob excesso desse micronutriente.

2.3.2 Deficiência de manganês e seus efeitos na soja

Sintomas de deficiência de Mn comumente ocorrem em situações de cultivo em solos com baixa fertilidade natural, com a utilização intensiva de técnicas agrícolas, que promovem a retirada crescente de micronutrientes, sem a reposição, e em casos onde há aplicação excessiva de calcário e fosfatos, tornando o nutriente pouco solúvel (MASCARENHAS et al., 1996).

Para Mann et al. (2002) sintomas de deficiência de Mn são apresentadas como clorose das folhas novas, formando rede grossa das nervuras sobre fundo amarelado e clorose entre as nervuras das folhas mais novas, as quais se tornam verde-pálido e passam para amarelo-pálido (Figura 5). Por fim as áreas necróticas marrons desenvolvem-se nas folhas à medida que a deficiência torna-se mais severa (STAUT, 2009).



Figura 5. Sintomas de deficiência foliar de Mn em soja. Fonte: IPNI Brasil (IPNI, 2012).

O Mn que desempenha papel fundamental na elongação celular, em situação de deficiência pode inibir a síntese de lipídeos ou metabólitos secundários, como o ácido giberélico e os isoprenóides. Portanto, deve-se fazer análise foliar no final do florescimento da soja e observar que os teores foliares de Mn não devam estar no nível crítico que é $< 20 \text{ mg kg}^{-1}$ pois, abaixo desse nível, já é considerado fator limitante para o desenvolvimento e produção da soja (MALAVOLTA et al., 1997).

Mann et al. (2002), avaliando o efeito do Mn no rendimento e na qualidade de sementes de soja, concluíram que a aplicação do Mn, em solo de pH 6,8; houve menor resposta da dose 3,5 kg ha⁻¹ do micronutriente, quando comparada com a maior dose 7,0 kg ha⁻¹, e ainda menores doses apresentaram sintomas de deficiência do elemento.

Tais resultados são causados pela precipitação do Mn no solo, em virtude do alto pH, que nesta condição, o Mn é encontrado no solo na forma de óxidos insolúveis e, conseqüentemente, apresentam baixa disponibilidade do elemento às plantas (MALAVOLTA, 1986; SPARROW e UREN, 1987).

2.3.3 O uso do micronutriente manganês na soja

A disponibilidade de produtos comerciais contendo macro e micronutrientes tem aumentado nos últimos anos, existindo resultados experimentais mostrando grande variabilidade na resposta da soja à sua aplicação, no entanto, a tentativa de conseguir ganhos na produtividade, tem motivado produtores a utilizar estes produtos (STAUT, 2009).

Assim como a adubação tradicional via solo tem objetivo definido e específico, ou seja, complementar a nutrição da planta em quantidade e qualidade em relação ao que o solo pode fornecer a ela, adubação foliar também precisa ser definida e utilizada, com objetivos específicos e baseada em critérios técnicos e econômicos (STAUT, 2009).

Na correção da deficiência de Mn na soja, a aplicação nas folhas é mais eficiente do que a aplicação no solo (MANN et al., 2002). Portanto, em áreas com deficiência de Mn, o ideal é aplicar via foliar entre os estágios V4 (mais de 50% de trifólios desenvolvidos no 4º nó) e V5 (mais de 50% de trifólios desenvolvidos no 5º nó) e no R1 (início do florescimento), de acordo com a necessidade, conhecida por meio de análises foliares e de solo (LAMB, 2009).

O período em que os nutrientes são absorvidos em maior quantidade corresponde à fase do desenvolvimento da planta em que as exigências nutricionais são maiores, este período vai de V2 (primeira folha trifoliada completamente desenvolvida) até R5 (início de enchimento de grãos), a velocidade de absorção aumenta durante a floração e o início de enchimento dos grãos, verifica-se também alta taxa de translocação na planta ao longo desse período (STAUT, 2009).

Os micronutrientes têm causado respostas positivas mais frequentes em condições do cerrado brasileiro que, na média quando aplicados via sementes, tem-se incremento da produtividade em relação a não aplicação, chegando a atingir aumento de até 390 kg ha⁻¹ (BROCH e FERNANDES, 1999). Já no sul do Brasil a resposta a micronutrientes depende muito da combinação de uma série de fatores, ainda não bem esclarecidos por insuficiente número de experimentos realizados (CERRETA et al., 2005).

No Brasil, ocorrências de desordens nutricionais em plantas cultivadas na região dos cerrados, geralmente, estão associadas à acentuada acidez desses solos, devido aos altos teores de Al e Mn e baixos teores de Ca, Mg e P (MALAVOLTA e KLIEMANN, 1985). Resultados de pesquisas têm demonstrado respostas significativas apenas para Mn, Co e Mo, razão pela qual não existe a recomendação para adubação foliar com outros micronutrientes (STAUT, 2009).

Com o crescente avanço do cultivo da soja RR no Brasil, existem relatos de fitotoxicidade visuais nas lavouras após a aplicação do glyphosate (Figura 6). O sintoma típico observado é de amarelecimento de folhas e sua intensidade varia de acordo com a cultivar (SANTOS et al., 2007b). Uma das hipóteses sugeridas para estes efeitos observados estaria no herbicida retardar a absorção e translocação do Mn nas plantas transgênicas (GORDON, 2007).



Figura 6. Sintomas de deficiência de Mn em soja RR, induzido por aplicação de glyphosate pós-emergente. Fonte: (A) Dr. César de Castro, Embrapa Soja (RURALBR, 2012) e (B) o autor.

Desde a chegada da soja RR, iniciaram-se especulações no Brasil e parte disso pode ser explicada pelo fato de estarem em áreas com deficiência de Mn, aliadas a aplicações diversas de glyphosate sem critérios recomendáveis e em épocas determinantes para a planta,

em relação ao estágio de absorção desse nutriente. Uma recomendação é evitar aplicações do herbicida após o estágio fenológico V6 (mais de 50% de trifólios desenvolvidos no 6º nó), pois é o período em que a planta mais necessita e busca esse nutriente no solo, também doses muito elevadas de glyphosate antes do V6 acabam por inibir a absorção de Mn (LAMB, 2009).

Há estudos que reportam que este herbicida incrementa a população de microrganismos oxidantes e reduz aqueles redutores de Mn no solo, tornando o micronutriente indisponível para a planta (EKER et al., 2006). Como resultado, haveria a necessidade de adição suplementar de Mn, para evitar a deficiência para a planta e, deste modo, muitos técnicos têm recomendado a adubação de Mn via aplicação foliar, antes ou após a aplicação do herbicida glyphosate (GALON et al., 2010).

Apesar da aceitação generalizada da soja RR nos Estados Unidos, os agricultores já perceberam que ela não está produzindo tanto quanto esperavam, mesmo nas melhores condições de solo e clima, e que existem evidências apontando para interferências do glyphosate no metabolismo da planta e também na população de microrganismos do solo responsáveis pela redução do Mn na forma disponível às plantas (Mn^{2+}). Deste modo, observou-se que o problema pode ser resolvido com aplicações de Mn via solo, via foliar, ou ainda via solo + via foliar (GORDON, 2007).

Informações apontam que na Região Norte do Paraná, o uso de Mn vem sendo intensificado, sendo que esses solos possuem teores de Mn acima de 100 mg dm^{-3} , considerado alto para estas regiões. Assim, a possibilidade para a menor disponibilidade de Mn seria a de que o glyphosate é considerado um ácido fosfônico (FRANZ et al., 1997) e que esses ácidos são conhecidos como queladores de cátions metálicos (KABACHNIK et al., 1974), podendo formar quelatos com cátions bivalentes e trivalentes (ZOBIOLE e OLIVEIRA, 2009).

Segundo Cole (1985), ainda não se sabe como o glyphosate deve exercer essa complexação biológica de importantes cátions dentro das células. Trabalhos realizados por Gordon (2006), mostraram o efeito de doses de Mn na produtividade da variedade comercial de soja RR (KS 4202 RR) e na sua correspondente convencional (KS 4202), sendo aumentando-se as doses de Mn a soja transgênica respondeu favoravelmente à aplicação, enquanto a convencional apresentou menor produtividade.

2.3.4 Efeitos do manganês na produção de sementes de soja

Melarato et al. (2002), em seu trabalho de aplicação de Mn via solo e foliar, em lavoura de soja, verificaram que a aplicação exerceu influência positiva sobre a massa das sementes produzidas e o estado nutricional das plantas de soja, baseado no fato que as funções de ativação enzimática, biossíntese, transferência de energia e regulação hormonal são fundamentais para formação, desenvolvimento e maturação das sementes, porém o autor não caracteriza o solo utilizado no trabalho.

Já Mann et al. (2002) que estudou o efeito da aplicação de Mn no rendimento e na qualidade de sementes de soja, utilizando Latossolo Vermelho-Amarelo com pH 6,8 e 3,4 mg dm⁻³ de Mn; afirma que a aplicação do micronutriente, independentemente da cultivar e da forma de aplicação, aumenta a produtividade de grãos, a germinação, a condutividade elétrica, o índice de velocidade de emergência e os teores de proteína e óleo da soja Conquista e Garimpo.

Os trabalhos que veem apontando que o glyphosate causa estresse, efeito fitotóxico, afeta a fotossíntese e o balanço nutricional da soja RR (ZOBIOLE et al. 2010a). Salientado por Taiz e Zeiger (2004), que qualquer estresse acarreta efeito negativo sobre o crescimento e desenvolvimento normal das espécies vegetais, leva a preocupação do uso desse herbicida na soja RR para produção de sementes.

Esse efeito estressante mencionado poderia levar a um menor incremento na massa das sementes, o que indicaria sementes mal formadas (MARCOS FILHO, 2005). Deste modo a aplicação de glyphosate possui potencial de influenciar negativamente a qualidade fisiológica das sementes de soja RR (ALBRECHT et al., 2009). Cabe-se a isso ressaltar a importância da realização de pesquisas na área da nutrição da soja.

3 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, O. S. Rastreabilidade de soja Roundup Ready® em produtos agrícolas e derivados: produção de materiais de referência e uso de marcadores AFLP. Piracicaba, 2008. 114 p. **Tese** (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

ABREU, C. A. et al. Comparação de métodos para avaliar a disponibilidade do manganês em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 81-90, 1994.

ALBRECHT, L. P. et al. Altas doses de glyphosate aplicados em soja RR e seu efeito sobre o desempenho agrônômico e a qualidade fisiológica das sementes. In: XVI Congresso Brasileiro de Sementes, 2009, Curitiba, **Informativo Abrates**, v. 19, n. 2, p. 232, 2009.

AMARAL, L.; JAIGOBIND, J. S.; JAIGOBIND, A. G. A. **Dossiê Técnico: Óleo de Soja**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, nov. 2006. p. 05-08.

AMARANTE Jr., O. P. et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, jul. 2002.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Índice monográfico – Glifosato**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/6e400500474594899c26dc3fbc4c6735/G01.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em 10 nov. 2012.

ARIAS, C. A. A. Potencial genético da soja: progressos e limitações para alta produtividade. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; Brazilian Soybean Congress, n. 3, 2004, Foz do Iguaçu, **Proceedings**, Embrapa-Cnpsoja, 2004, p. 1263-1268.

ARREGUI, M. C. et al. Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate-resistant soybean. **Pest Management Science**, Chichester, v. 60, n. 2, p. 163-166, 2004.

ATEH, C. A.; HARVEY, R. G. Annual weed control by glyphosate in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 13, n. 2, p. 394-398, 1999.

BARBOSA, A. C. L. et al. Teores de isoflavonas e capacidade antioxidante da soja e produtos derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 921-926, out./dez. 2006.

BARCELÓ, J. D. Environmental Protection Agency and other methods for the determination of priority pesticides and their transformation products in water. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 643, p. 117-143, 1993.

BOHM, G. M. B. et al. Resíduos de glifosato e ácido aminometilfosfônico, e teores de isoflavonas em soja BRS 244 RR e BRS 154. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, suppl. 0, p. 192-197, dez. 2008.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: Origem, História e Distribuição. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Eds.). **A Soja no Brasil**. Campinas: IAC, 1981. p. 1-5.

BORÉM, A. **Biotecnologia e meio ambiente. Segurança Ambiental**. Viçosa: Folha de Viçosa, ed. 20, 2004, p. 9-365.

BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; BATAGLIA, O. C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. Van e ABREU, C. A. (Eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/Potafós, 2001. p. 151-185.

BRASIL. Diário Oficial da União, Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003, Brasília, DF, 2003, Seção 1, p. 2.

BRASIL. Diário Oficial da União, Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005, Brasília, DF, 2005, Seção 1, p. 1.

BRITO, A. **Brasil será o maior produtor mundial de soja na safra 2012/13**. Disponível em: <<http://ruralcentro.uol.com.br/analises/brasil-sera-o-maior-produtor-mundial-de-soja-na-safra-201213-veja-quadro-de-oferta-e-demanda-do-usda-2829>>. Acesso em 5 jan. 2013.

BROCH, D. L.; FERNANDES, C. H. **Resposta da soja à aplicação de micronutrientes**. Informativo Técnico 02/99, Maracaju: FUNDAÇÃO MS, 1999. 56p.

BURNELL, J. N. The biochemistry of manganese in plants. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Eds.). **Manganese in soils and plant**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 125-137.

CAPELLARI Jr., L.; RODRIGUES, R. R.; SOUZA, V. C. **Apostila de botânica sistemática**. Piracicaba: ESALQ/USP: Departamento de Ciências Biológicas, 1999. 95 p.

CARDOSO, E. J. B. N.; NAVARRO, R. B.; NOGUEIRA, M. A. Absorção e translocação de manganês por plantas de soja micorrizadas, sob doses crescentes deste nutriente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 415-423, mai./jun. 2003.

CAREY, S. et al. **Risks of glyphosate use to federally threatened California Red-legged Frog (*Rana aurora draytonii*)**. Washington, D.C. 20460, oct. 2008. 180 p.

CÉLERES. **Relatório Biotecnologia – 14 de dezembro de 2012**. Disponível em <http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/RelBiotecBrasil_1202_por.pdf>. Acesso em 5 jan. 2013.

CERDEIRA, A. L.; DUKE, S. The current status and environmental impacts of glyphosate-resistant crops: **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, n. 5, p. 1633-1658, set./out. 2006.

CERRETA, C. A. et al. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 576-581, mai/jun. 2005.

CHRISTOFFOLETI, P. J. **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 3 ed., 2008. 120p.

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

COLE, D. J. Mode of action of glyphosate – a literature analysis. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. (Eds.). **The herbicide glyphosate**. London, Butterworth, 1985. p. 48-74.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento, maio 2012**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_10_08_49_52_boletim_maior_2012.pdf>. Acesso em 5 nov. 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> >. Acesso em 5 fev. 2013.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 663-671, 2008.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: Revisão. **Química Nova**, São Paulo, vol. 28, n. 6, p. 1038-1045, 2005.

COX, C. Glyphosate. Part 2- human exposure and ecological effects. **Journal of Pesticide Reform**, Eugene, v. 15, n. 4, p. 14-20, 1995.

DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. **Mineral nutrition and plant disease**. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 2007. 278 p.

DUKE, S. O. et al. Influence of glyphosate on uptake and translocation of calcium ion in soybean seedlings. **Weed Research**, Oxford, v. 23, n. 3, p. 133-139, jun. 1983.

DVORANEN, E. C. et al. Nodulação e crescimento de variedades de soja (*Glycine max*) RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.

EDWARDS, D. G.; ASHER, C. J. Tolerance of crop and pasture species to manganese toxicity. In: INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM 9. Warwick, 1982. **Proceedings**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureau, 1982. p. 145-150.

EKER, S. et al. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 26, p. 10019-10025, 2006.

ELMORE, R. W. et al. Glyphosate-Resistant Soybean Cultivar Yields Compared with Sister Lin. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 2, p. 408-412, mar./apr. 2001.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2004**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/>>. Acesso em 5 dez. 2004.

EMBRAPA SOJA -. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Sistemas de Produção, Embrapa Soja, ISSN 2176-2902; n. 15, Londrina, 2011. 261 p.

EMBRAPA SOJA. -. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cronologia do embargo judicial**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/cronologia_sojarr.pdf>. Acesso em 10 jan. 2013.

EMBRAPA SOJA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja – Paraná – 2004**. Sistemas de Produção, Embrapa Soja, ISSN 1677-8499, Londrina, n. 3, 2003. 218 p.

FAGERIA, N. K. Adequate and toxic levels of copper and manganese in upland rice, common bean, corn, soybean and wheat grown on an Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 9/10, p. 1659-1676, 2001.

FAPEMIG. **Soja - Tecnologia mineira melhora o sabor**. Disponível em <<http://revista.fapemig.br/materia.php?id=176>> Acesso em 05 jan. 2012.

FAPRI - Food and Agricultural Policy Reserch Institute. **World agricultural outlook 2008**. Disponível em: <<http://www.fapri.iastate.edu/publications>>. Acesso em 7 mar. 2008.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. (Special Report, 80), Ames: Iowa State University, 1977. 12 p.

FERREIRA, E. A. et al. Translocação do glyphosate em biótipos de azevém (*Lolium multiflorum*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 365-370, abr./jun. 2006.

FERRI, M.; VIDAL, R. Controle de plantas daninhas com herbicidas cloroacetamidas em sistemas convencional e de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 131-136, jan./abr. 2003.

FOY, C. D.; SCOTT, B. J.; FISHER, J. A. Genetic differences in plant tolerance to manganese toxicity. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Eds.). **Manganese in soils and plants**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1988. p.293-307.

FRANÇA NETO, J. B. Perspectivas futuras da cultura da soja no Brasil: produção, produtividade, expansão de área. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings**, 2004. p. 1203-1209.

FRANCHINI, J. C. et al. Alterações na nutrição mineral da soja induzidas por transgenia e manejo com herbicidas. In: V Congresso Brasileiro de Soja – Mercosoja 2009, **Anais**, Londrina: Embrapa Soja, 2009.

FRANZ, J. E.; MAO, M. K.; SIKORSKI, J. A. **Glyphosate: a unique global herbicide**. Washington: American Chemical Society, 1997. 678 p.

FURLANETO, F. P. B. et al. Soja transgênica versus convencional: estimativa de custos operacionais de produção na região do médio Paranapanema, Estado de São Paulo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1935-1940, nov./dez. 2008.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. São Paulo: ACADCOM, 2005. 67p.

GALLON, M. et al. Glyphosate associado a manganês e consequências para o controle de plantas daninhas. In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, **Anais**, Ribeirão Preto, jul. 2010. p. 3091-3095.

GAZZIEIRO, D. L. P.; ADEGAS, F.; VOLL, E. **Glifosato e a Soja Transgênica**. Circular técnica n. 60, ISSN 1516-7860, Embrapa Soja, Londrina, set. 2008. 4 p.

GAZZIERO, D. L. P. et al. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. Viçosa, **Planta Daninha**, v. 24, n. 1, p. 173-181. 2006.

GLASS, R. L. Adsorption of glyphosate by soils and clay minerals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 35, p. 497-500, 1987.

GORDON, B. Adubação com manganês em soja convencional e soja resistente ao glifosato. **Informações Agronômicas**, Piracicaba: IPNI - International Plant Nutrition Institute, v. 117, p. 6-7, mar. 2007.

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

GRESSHOFF, P. M. Plant function in nodulation and nitrogen fixation in legumes. In: PALACIOS, R.; MORA, J.; NEWTON, W. E., (Eds.). **New horizons in nitrogen fixation**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 31-42.

GREY, T. L.; RAYMER, P. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) and red Morningglory (*Ipomoea cocinea*) control in glyphosate-resistant soybean with narrow rows and postemergence herbicide mixtures. **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 3, p. 669-674, 2002.

HAN, F. et al. Enhanced cadmium accumulation in maize roots – The impact of organic acids. **Plant Soil**, v. 289, p. 355-368, 2006.

HORIGUCHI, T. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 33, n. 1, p. 65-73, 1988.

HUBER, D. Efeitos do glyphosate em doenças de plantas. **Informações Agronômicas**, Piracicaba: IPNI - International Plant Nutrition Institute, n.119, p.13-15, set. 2007.

IAEAC - International Association of Environmental Analytical Chemistry. **Sample Handling of Pesticides in Water**. Active: Barcelona, 1994. p. 8-9.

IPNI - International Plant Nutrition Institute – Brasil. **Folhas com deficiência de manganês: clorose internerval e nervuras de cor verde-escuro**. Disponível em: <[http://www.ipni.net/ppiweb/gbrazil.nsf/\\$webindex/article=8668F61383256D8300501838561C3F55](http://www.ipni.net/ppiweb/gbrazil.nsf/$webindex/article=8668F61383256D8300501838561C3F55)>. Acesso em 10 dez. 2012.

JAKELAITIS, A. et al. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glyphosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 279-285, 2001.

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

KABACHNIK, M. I. et al. Organophosphorus complexones. **Russian Chemical Reviews**, Moscow, v. 43, n. 9, p. 733-744, 1974.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.

KENNEDY, A. C. Bacterial diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Netherlands, v. 74, p. 65-76, 1999.

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.

KLEBA, B. J. Riscos e benefícios de plantas transgênicas resistentes a herbicidas: O caso da soja RR da Monsanto. **Caderno de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 9-42, set./dez. 1998.

KRAUSZ, R. F.; YOUNG, B. G. Response of glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*) to trimethylsulfonium and isopropylamine salts of glyphosate. **Weed Technology**, Lawrence, v. 15, n. 4, p. 745-749, oct./dez. 2001.

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

KREMER, R. Soil biological processes are influenced by Roundup Ready soybean production. **Phytopathology**, St. Paul, v. 93, p. 104, jun. 2003.

KUJAWA, M. **Glyphosate. Environmental Health Criteria 159**. Genebra: World Health Organization - WHO, preis. 27, p. 166, 1994.

LAMB, G. F. **Soja Transgênica X Convencional**. Disponível em <<http://www.agropecuariabrasil.com.br/soja-transgenica-x-convencional/>>. Acesso em Jul. 2009.

LAVRES Jr. et al. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.1, p. 173-181, jan/fev. 2008.

LEITE, M. Os genes da discórdia: alimentos transgênicos no Brasil. **Política Externa**, São Paulo, v. 8, n. 2, set. 1999.

LI, J. et al. Influence of formulation and glyphosate salt on absorption and translocation in three annual weeds. **Weed Science**, Lawrence, v. 53, n. 2, p. 153-159, 2005.

LIMA, W. F. et al. Interação genótipo-ambiente de soja convencional e transgênica resistente a glifosato, no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 6, p. 729-736, jun. 2008.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba: Potafos, 1985. 136 p.

MALAVOLTA, E. **Micronutrientes na adubação**. Piracicaba: Nutriplant, 1986. 70 p.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: IPNI – International Plant Nutrition Institute, n. 121, mar. 2008.

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

MALTY, J. S.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Efeitos do glifosato sobre microrganismos simbiotróficos de soja, em meio de cultura e casa de vegetação. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 285-291, fev. 2006.

MANN, E. N. et al. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, dez. 2002.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil - projeções do agronegócio 2011/2012 a 2021/2022**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20\(2\)\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20(2)(1).pdf)>. Acesso em 15 abr. 2012.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

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

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 164-171, jan./abr. 1996.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Linhagem de soja tolerante a alto teor de manganês. **Bragantia**, Campinas, v. 54, n. 2, p. 267-271, 1994.

MELARATO, M. et al. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 1069-1071, 2002.

MENDELSON, J. Round up: The World's biggest-selling herbicide. **The Ecologist**, v. 28, n. 5, p. 270-275, set./out. 1998.

MOLDES, C. A. et al. Biochemical responses of glyphosate resistant and susceptible soybean plants exposed to glyphosate. **Acta Physiologiae Plantarum**, Cracóvia, v. 30, n. 4, p. 469-479, jul. 2008.

MOLIN, W. T.; HIRASE, K. Comparison of commercial glyphosate formulations for control of prickly sida, purple nutsedge, morningglory and sicklepod. **Weed Biology Management**, Okayama, v. 4, p. 136-141, 2004.

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 Management**, Okayama, v. 5, p. 123-127, 2005.

MONSANTO, **Sistema Soja Roundup Ready**. Disponível em: <http://www.monsanto.com.br/produtos/sementes/soja_roundup_ready/sistema_soja_rr/sistema_soja_rr.asp>. Acesso em 6 set. 2012.

MONSANTO. **Herbicida Roundup**. São Paulo, 1980. 10 p.

MORONI, J. S.; SCOTT, B. J.; WRATTEN, N. Differential tolerance of high manganese among rapeseed genotypes. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 253, n. 2, p. 507-519, jun. 2003.

MUKHOPADHYAY, M. J.; SHARMA, A. Manganese in cell metabolism of higher plants. **The Botanical Review**, New York, v. 57, n. 2, p. 117-149, apr./jun. 1991.

MÜLLER, L. Morfologia, Anatomia e Desenvolvimento. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Eds.). **A Soja no Brasil**, Campinas: IAC, 1981, p. 73-104.

NELSON, G. C. **Food Security, farming, and Climate Change to 2050 - Scenarios, results, policy options**. Washington: IFPRI - International Food Policy Research Intitute, 2010. 131 p.

NILSSON, G. Interactions between glyphosate and metals essential for plant growth. In: GROSSBARD, E.; ATKISON, D. **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, cap. 4, 1985. p. 35-47.

NOGUEIRA, A. C. L. **Agricultura: o agronegócio da soja: produção nacional e mercado global**. Disponível em: <http://www.fipe.org.br/publicacoes/downloads/bif/2012/8_3-6-agr.pdf> Acesso em 3 ago. 2012.

NORTOX. **Glifosato Nortox - Bula**. Disponível em <http://www.nortox.com.br/imagens/produtos/glifosato_bula.pdf>. Acesso em 4 nov. 2012.

NUNES, G. S.; RIBEIRO, M. L. Pesticidas: Uso, legislação e controle. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 9, p. 31-44, jan/dez. 1999.

OLIC, N. B. **Os caminhos percorridos pela soja no Brasil**. Revista Pangea - Quinzenário de Política, Economia e Cultura. Disponível em <http://www.clubemundo.com.br/revistapangea/show_news.asp?n=17&ed=4>. Acesso em 5 nov. 2012.

OLIVEIRA, P. S. **A nova Legislação de Biossegurança e Impactos para o desenvolvimento da Biotecnologia no Brasil**. Disponível em: <http://www.seminariobiotecnologia.com.br/site/biblioteca_midia/patricia-simoes-oliveira-pdf-20090812121357.pdf> Acesso em 20 jan. 2013.

O'SULLIVAN, A.; SHEFFRIN, S. M. **Economics: Principles in action**. Upper Saddle River, New Jersey, 07458: Pearson Prentice Hall, ISBN 0-13-063085-3, 2003, 471 p.

PADGETTE, S. R. et al. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 126, n.3, p. 702-716, mar. 1996.

PAULETTI, V. Disponibilidade e resposta de culturas a micronutrientes em solos arenosos. In: FRIES, M. R. (Coord.). **Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária**. Santa Maria: UFSM/Departamento de Solos. 1998, p. 82-102.

PEREZ, A.; KOGAN, M. Glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. **European Weed Research Society**. Doorwerth, v. 43, n. 1, p. 12-19, jan. 2003.

PETTER, F. A. et al. Manejo de herbicidas na cultura da soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 557-566, jul./set. 2007.

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

PROCÓPIO, S. O. et al. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 193-197, 2006.

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

REIGOTA, M. A **Monsanto no Brasil: Discursos publicitários e tecnocientíficos sobre os transgênicos**. Disponível em <<http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00514529/fr/>> Acesso em 10 jan. 2013.

RIBEIRO, A. B. **Conjuntura agrícola**. Disponível em: <<http://www.emater.gov.br/w/3446>>. Acesso em 5 set. 2012.

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

ROESSING, A. C.; GUEDES, L. C. A. Aspectos econômicos do complexo soja: sua participação na economia brasileira e evolução na região do Brasil Central. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M. (Eds.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993, 535 p.

ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J. **Criação de empregos pelo complexo agroindustrial da soja**. Londrina: Embrapa Soja, (Documentos/ n. 233 ISSN 1516-781X), ago. 2004, 50 p.

RURALBR. **Glifosato, Manganês, Soja**. Disponível em <<http://blogs.ruralbr.com.br/lavouralondrina/2010/12/02/glifosato-manganes-soja/>>. Acesso em 12 dez. 2012.

RURALBR. **Safra de verão 2012/2013 cresce 25% no Paraná, e soja deve ocupar 80% da área**. Disponível em <<http://agricultura.ruralbr.com.br/noticia/2012/09/safra-de-verao-2012-2013-cresce-25-no-parana-e-soja-deve-ocupar-80-da-area-3874704.html>>. Acesso em 05 jan. 2013.

SANTA CLARA. **Culturas transgênicas - rota do ácido Chiquímico**. Disponível em: <<http://www.santaclaraagro.com.br/dicas/>>. Acesso em 10 jan. 2013.

SANTOS, A. A.; MONTOYA, A. M. **A soja transgênica versus a soja convencional: Percepção dos agentes econômicos envolvidos**. Texto para discussão. Passo Fundo, Braz, p. 2-23, 2004.

SANTOS, J. B. et al. Tolerance of *Bradyrhizobium* strains to glyphosate formulations. **Crop Protection**, v. 24, n. 6, p. 543-547, jun. 2005.

SANTOS, J. B. et al. Efeito de formulações na absorção e translocação do glyphosate em soja transgênica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 381-388, jan./mar. 2007a.

SANTOS, J. B. et al. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 65-171, jan./mar. 2007b.

SANTOS, J. B. et al. Competição entre soja resistente ao glyphosate e plantas daninhas em solo compactado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 123-130, 2008.

SCALZILLI, J. C. **Soja transgênica no Brasil: Anotações sobre a legislação de plantio, comercialização e direitos da propriedade intelectual.** Disponível em <<http://www.advogado.adv.br/artigos/2005/joaocarlosscalzilli/sojatransgenica.htm>>. Acesso em 12 nov. 2012.

SEAGRI. **Soja contrabandeada deflagrou disseminação.** Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/noticias.asp?qact=view¬id=18109>>. Acesso em 12 dez. 2010.

SILVA, A. A. et al. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 17-62.

SPARROW, L. A.; UREN, N. C. Oxidation and reduction of Mn in acidic soils: effect of temperature and soil pH. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 2, p. 143-148, 1987.

STAUT, L. A. **Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja.** Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo5.html>> Acesso em 18 jul. 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEMOLIN, C. **The Pesticide Manual: incorporating the Agrochemicals Handbook.** Surrey: Crop Protection Publications, 10th ed. 1994. 1341 p.

TORRES, A. C. et al. Bioassay for detection of transgenic soybean seeds tolerant to glyphosate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1053-1057, set. 2003.

USDA - United States Department of Agriculture. **Agricultural Projections to 2017.** Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/oce-usda-agricultural-projections/oce-2008-1.aspx>>. Acesso em 3 fev. 2011.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, (Documentos Online, n. 58). 2006. 22 p.

VARGAS, L. et al. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas.** Viçosa, 1999. 131 p.

WANG, J. J. Kinetics of manganese uptake by excised roots of sensitive and tolerant tobacco genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 26, n. 7, p. 1439-1450, jun. 2003.

WAUCHOPE, D. Acid dissociation constants of arsenic acid, methylarsonic acid (MAA), dimethylarsinic acid (cacodylic acid), and N-(phosphonomethyl)glycine (glyphosate). **Journal Agricultural Food Chemistry**, California, v. 24, n. 4, p. 717-721, jul. 1976.

WEYERMULEER, R. A. Organismos geneticamente modificados e direitos do consumidor. **Estudos Jurídicos**, São Leopoldo, v. 37, n. 99, p. 125-145, jan/abr. 2004.

WINDELS, P. et al. Characterization of the Roundup Ready soybean insert. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 213, p. 107–112. 2001.

XU, B. et al. Three new evidences of the original area of soybean. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., Buenos Aires, AASOJA, **Proceedings**, 1989, p. 123-130.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Simpósio questiona as causas dos problemas de nutrição e doenças de plantas na agricultura moderna. **Informações Agronômicas**, Piracicaba: IPNI - International Plant Nutrition Institute, n. 119, p. 1-24, set. 2007.

YORINORI, J. T. **Artigos técnicos - Ameaças para a soja**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=393>>. Acesso em 01 nov. 2012.

ZILLI, J. E. et al. Efeito de glyphosate e imazaquin na comunidade bacteriana do rizoplano de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) e em características microbiológicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 633-642, mar./abr. 2008.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA Jr. R. S de. Interações fisiológicas entre glifosato e complexos metálicos. In: SARAIVA, O. F.; LEITE, R. M. V. B. de C.; CASTRO, C. de. Londrina: Embrapa Soja, **Ata da XXX Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**. (Documentos, n. 310, ISSN 1516-781X), p. 101-109, mai. 2009.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Glyphosate reduces shoot concentration of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 328, n. 1-2, p. 57-69, mar. 2010a.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Effect of glyphosate on symbiotic N₂ fixation and nickel concentration in glyphosate-resistant soybeans. **Applied Soil Ecology**, v. 44, n. 2, p. 176-180, fev. 2010b.

CAPÍTULO II – APLICAÇÃO FOLIAR DE DOSES DE MANGANÊS COMERCIAL EM DOIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA SOJA RR MANEJADO COM GLYPHOSATE EM PÓS-EMERGÊNCIA A CAMPO

RESUMO

Com base em evidências de que a soja RR necessita de adição suplementar de Mn foliar devido a injúrias ou desbalanço nutricional causadas pelo glyphosate, objetivou-se avaliar a aplicação de Mn em pós-emergência em doses e estádios fenológicos e seus efeitos nos teores foliares de nutrientes, componentes de produção e produtividade de grãos. O experimento foi realizado a campo com delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial com tratamento adicional [(2x5)+1] com quatro repetições. Os tratamentos contaram de dois estádios fenológicos de aplicação (V4 e V6) e de cinco doses de fertilizante foliar com Mn nas concentrações: 0,00; 56,75; 113,50; 170,25 e 227,00 g ha⁻¹ de Mn⁺². A soja recebeu duas aplicações de glyphosate concomitante ao fertilizante foliar para manejo das plantas daninhas. Os resultados indicaram que a aplicação foliar de fertilizante com Mn, nas doses e estádios de aplicação, favoreceu somente o acúmulo do micronutriente Mn no tecido foliar da soja transgênica BMX Potência RR. O fertilizante foliar, quando aplicado no estágio V6, proporcionou efeito linear com elevação dos teores foliares de Mn em relação ao aumento das doses. A aplicação de glyphosate na dosagem recomendada na soja RR não teve efeito nos teores foliares de nutrientes e tão pouco os componentes de produção e da produtividade de grãos foram influenciados pela aplicação do fertilizante foliar de Mn concomitante ao herbicida.

Palavras-chave: *Glycine max* L., micronutriente, fertilizante foliar, herbicida.

ABSTRACT

FOLIAR APPLICATION OF DOSES OF COMMERCIAL MANGANESE IN TWO PHENOLOGICAL STAGES OF RR SOYBEAN MANAGED WITH GLYPHOSATE IN POST-EMERGENT ON FIELD

Based on evidence that the RR soybean requires supplemental addition of foliar Mn due to injuries or nutritional imbalance caused by Glyphosate, this project aimed to evaluate the application of Mn in post-emergent doses in phenological stages and its effects on foliar nutrients content, yield components and grain productivity. The field experiment was conducted with a arranged randomized block design in a factorial scheme with additional treatment [(2x5)+1] with four repetitions. The treatments had two growth stages of applications (V4 and V6) and of five doses of foliar fertilizer with Mn within these concentrations: 0,00; 56,75; 113,50; 170,25 and 227,00 g ha⁻¹ de Mn⁺². The soybean received two applications of glyphosate concomitant to foliar fertilizer for weed management. The results indicated that the use of foliar fertilizer with Mn on doses and stages of application, only improved the accumulation of micronutrient Mn on the leaf tissue of transgenic soybean BMX Potência RR. The foliar fertilizer, when applied on V6 stage, provided linear effect with elevation on foliar content of Mn related on the incensement of the doses. The application of glyphosate within the recommended dosage on RR soybean had no effect on nutritional foliar content, foliar nutrients and neither on yield components and grain productivity were influenced by the application of foliar fertilizer of Mn concomitant to the herbicide.

Keywords: *Glycine max* L., micronutrients, foliar fertilizer, herbicide, productivity.

1 INTRODUÇÃO

Além dos macronutrientes carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O₂) fornecidos pela atmosfera em forma de dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O), a soja (*Glycine max* L.) necessita de nutrientes fornecidos pelo solo: fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), cobalto (Co), zinco (Zn) e, no caso do nitrogênio (N), parte pelo solo e parte pela atmosfera (VITTI e TREVISAN, 2000).

A soja é a mais importante oleaginosa economicamente cultivada no mundo e possui complexo industrial crescente por ter considerável teor de proteínas, ser um suprimento da demanda mundial de óleos vegetais e ração para animais (ROESSING e GUEDES, 1993; OLIC, 2012). Ainda assim, a soja possui grande potencial a ser explorado, seja por sua variabilidade genética com ganhos de produtividade, ou pela capacidade brasileira de expansão de áreas cultiváveis (ARIAS, 2004).

Atualmente, é observado o aumento de área cultivada de soja RR, em todo o território nacional. O Brasil já é o segundo maior produtor mundial de sementes de soja geneticamente modificadas, sendo o país que registrou o maior crescimento absoluto na utilização dessa biotecnologia agrícola (MALAVOLTA, 2008).

Esse incremento na área de cultivo vem acompanhado do aumento da utilização do herbicida glyphosate em pós-emergência, devido ao seu baixo custo, operacionalidade e eficácia biológica. Por outro lado, seu uso está evidenciando um amarelecimento das folhas, indicando possível deficiência do micronutriente Mn na soja RR (FRANCHINI et al., 2008).

O Mn é um micronutriente que desempenha funções importantes no desenvolvimento das plantas, está ligado à ativação de enzimas, formação de clorofila, funcionamento dos cloroplastos e metabolismo do N (MELARATO et al., 2002; MALAVOLTA, 2008). A aplicação desse micronutriente na soja, em boas condições de solo e manejo, já foi constatado que aumenta a produtividade de grãos, a germinação, o índice de velocidade de emergência e os teores de proteína e óleo do grão (MANN et al., 2002).

Diante do fato que o aumento da produtividade de grãos, com redução de custos, depende atualmente do uso de micronutrientes como complementação (GONÇALVES Jr. et al., 2006), é importante conhecer a dinâmica dos elementos.

Assim, a disponibilidade de Mn no solo como nutriente de plantas e de outros organismos depende de seu estado de oxidação e a forma disponível é a reduzida Mn^{2+} , enquanto a oxidada Mn^{4+} , resulta em óxidos insolúveis (MARSCHNER, 1995).

Quando se pretende correção da deficiência de Mn na soja, a aplicação foliar é considerada mais eficiente do que a aplicação diretamente no solo (MANN et al., 2002). Resultados de pesquisas têm demonstrado respostas significativas apenas para Mn, Co e Mo e é por esse motivo que não existe a recomendação para adubação foliar para outros micronutrientes (STAUT, 2009). Desta forma é importante a correção da fertilidade e o manejo adequado do solo, pois têm sido os meios usados para manter a produção de grãos (GONÇALVES Jr. e PESSOA, 2002).

Existem relatos e indicações de desordem nutricional na soja RR, caso de Franchini et al. (2008), que observaram diferenças para os teores foliares de N, P, Mg, Ca e Mn na soja RR manejada com glyphosate, indicando que para esses nutrientes a modificação genética proporcionou diminuição de seus teores em relação ao material não modificado.

Segundo observações feitas por agricultores nos EUA, a produtividade da soja RR é menor do que nas variedades convencionais, mesmo em ótimas condições edafoclimáticas e fitossanitárias. Seguindo pelo convencimento que o gene adicionado na soja RR pode ter alterado outros processos fisiológicos e que o glyphosate 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, esses fatos exigiriam a adição suplementar de Mn, para evitar a deficiência e resultar em produtividades maiores de soja (GORDON, 2007).

Essa deficiência nutricional é identificada pelo sintoma *yellow flashing* ou amarelecimento das folhas superiores, observado a campo após a aplicação do glyphosate, podendo apresentar alta fitointoxicação pelo herbicida ou até mesmo algumas cultivares de soja RR não apresentarem tal amarelecimento, mesmo assim, muitos agricultores e técnicos recomendam a utilização do elemento Mn, em aplicação concomitante ou subsequente ao uso do herbicida (ZOBIOLE e OLIVEIRA Jr., 2009).

No Brasil, outros trabalhos elucidam que a aplicação do glyphosate e do fertilizante com Mn, não interferem nos componentes de produção e produtividade da soja RR, podendo não ocorrer modificação em seu estado nutricional com a aplicação de ambos os produtos comerciais (AGOSTINETTO et al., 2009a; BASSO et al., 2011; CORREIA e DURIGAN, 2009; DANIEL e CORREIA, 2010; STEFANELLO et al., 2011).

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

Frente ao apresentado, o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho da fertilização foliar com Mn na soja RR, em doses e estádios de aplicação, manejada com glyphosate em pós-emergência, e os seus efeitos na disponibilidade de macro e micronutrientes, bem como nos componentes de produção e produtividade da soja conduzida a nível de campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local de condução do experimento

O experimento foi instalado no município de Palotina – PR, Latitude 24°18'S (Sul), Longitude 53°55'W (Oeste) e Altitude de 310 m; o clima local é do tipo Cfa segundo classificação de Köppen (1931), sendo caracterizado como subtropical úmido, com temperaturas médias entre 22 e 23 °C, apresentando verões quentes com totais de chuvas entre 1.600 e 1.800 mm anuais, bem distribuídas durante o ano (IAPAR, 2011).

A área de condução do experimento foi a campo, em lavoura comercial, com sistema plantio direto na palha (SPDP), e 15 anos de cultivo nesta modalidade. A área apresenta topografia plana, um solo uniforme não pedregoso, sem a presença de árvores ou sombra e com boa drenagem. A espécie anterior no local era milho (*Zea mays* L.) e a espécie vegetal presente às imediações do ensaio foi da mesma cultivar de soja avaliada.

O ensaio teve início em outubro de 2010 e término em fevereiro de 2011. Os dados climáticos de precipitação, durante os meses de condução do experimento, estão apresentados graficamente na Figura 1, equiparados com a média histórica de 38 anos (1973 a 2011) dos meses citados, e os dados de umidade relativa do ar e temperaturas na Figura 2.

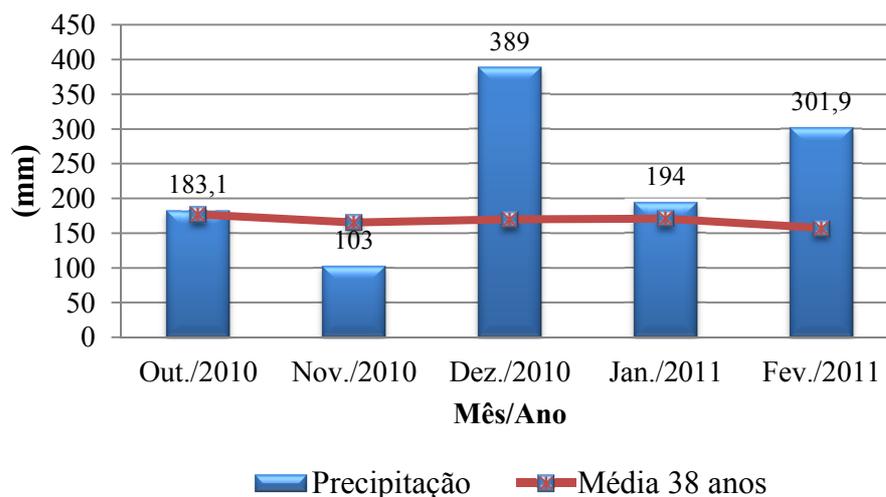


Figura 1: Dados da precipitação pluviométrica do município de Palotina - PR. Fonte: IAPAR, (2011).

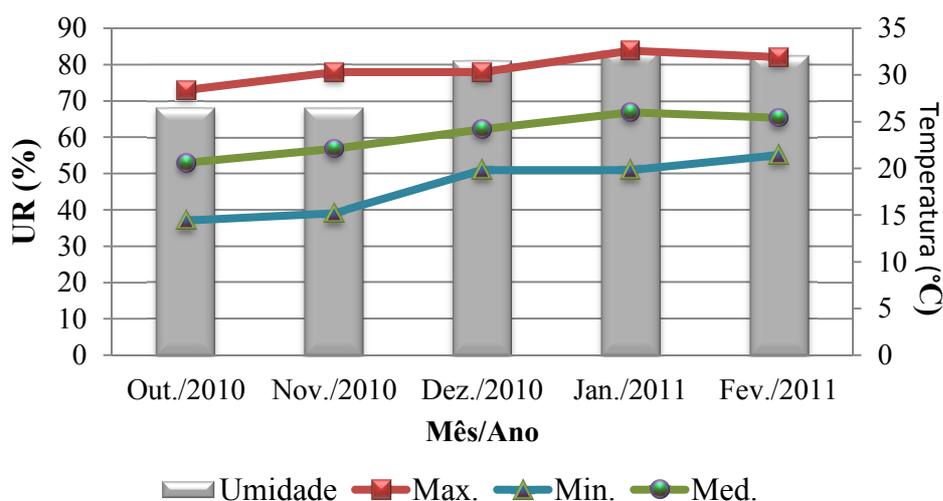


Figura 2: Dados meteorológicos de Palotina - PR. MAX. = média das temperaturas máximas diárias; MIN. = média das temperaturas mínimas diárias; MED. = temperaturas médias diárias. UR = umidade relativa do ar. Fonte: IAPAR, (2011).

2.2 Caracterização do solo

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) (EMBRAPA, 2006), Solo Tipo 2, Classe Médio (BRASIL, 2008). Foi coletada amostra composta de solo, com trado de rosca elétrico, na profundidade de 0 a 20 cm. A análise química foi realizada, empregando a metodologia proposta pelo IAPAR (1992) e está demonstrada na Tabela 1, junto com a análise granulométrica realizada pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1: Análise química e granulométrica do solo onde foi conduzido o experimento

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC
	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----						
5,05	36,29	0,39	3,56	1,34	0,19	3,88	5,29	9,17
	Alto	Alto	Médio	Alto	Médio			
V	Fe	Cu	Zn	Mn	S(SO ₄) ⁻²	Areia	Silte	Argila
%	-----mg dm ⁻³ -----					-----g kg ⁻¹ -----		
57,69	20,30	7,70	4,90	82,00	1,19	498,26	178,74	323,00
	Médio	Alto	Alto	Alto	Baixo			

P, K, Micronutrientes = Extrator Mehlich⁻¹. Al, Ca e Mg = KCl 1 mol L⁻¹. H+Al = Tampão SMP pH (7,5). SB = soma de bases. V = saturação das bases. pH = cloreto de cálcio. Alto, Médio e Baixo = classificação segundo: EMBRAPA SOJA (2011), Sfredo e Lazzarotto (2007) e Abreu et al. (2007).

2.3 Tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), esquema fatorial duplo com tratamento adicional (PIMENTEL-GOMES, 2009) na forma [(2x5)+1], com quatro repetições, sendo dois estádios fenológicos de aplicação e cinco doses de fertilizante foliar (fatorial com 10 tratamentos) e um tratamento controle, totalizando 11 tratamentos e 44 parcelas.

Os tratamentos foram dispostos em duas aplicações de fertilizante foliar com Mn, uma para o estágio fenológico V4 (mais de 50% de trifólios desenvolvidos no 4º nó) e outra para V6 (mais de 50% de trifólios desenvolvidos no 6º nó), conforme classificação dos estádios de desenvolvimento da soja, proposta por Fehr e Caviness (1977).

Sendo cinco doses nas concentrações: 0,00; 56,75; 113,50; 170,25 e 227,00 g ha⁻¹ de Mn²⁺; representando: 0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada para correção de deficiência de Mn (0,23 L ha⁻¹) em soja RR manejada com glyphosate, essa informada pelo fabricante do produto comercial Broadacre Mn[®], que possui 50,0% Mn m/v em suspensão aquosa de sulfato de manganês (MnSO₄) (SILVA et al., 2008).

A lavoura recebeu duas aplicações de glyphosate em pós-emergência, como forma de manejo para controle das plantas daninhas dos 10 tratamentos do fatorial e o momento de aplicação foi concomitante ao do fertilizante foliar (BASSO et al., 2011) (V4 e V6). Utilizou-se o herbicida de marca comercial Randup Ready[®] (*Sal de Isopropilamina de glyphosate* de 648 g L⁻¹), na dose de 2,50 L ha⁻¹, baseado na necessidade de controle das plantas daninhas (ANDREI, 2009).

A exemplificação dos tratamentos, doses e épocas de aplicação estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Demonstração dos tratamentos e doses em relação aos estádios fenológicos de aplicação

Tratamentos	V4	V6
T01 – V4/0,00	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T02 – V4/56,75	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T03 – V4/113,50	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T04 – V4/170,25	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T05 – V4/227,00	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T06 – V6/0,00	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T07 – V6/56,75	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T08 – V6/113,50	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T09 – V6/170,25	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T10 – V6/227,00	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T11 – Tratamento controle	Mn (-)/HG (-)	Mn (-)/HG (-)

T = tratamento. V4 e V6 = estádios fenológicos da soja. 0,00; 56,75; 113,50; 170,25 e 227,00 = concentrações de Mn. Tratamento controle = tratamento adicional. HG = herbicida glyphosate. Mn = fertilizante foliar. (+) = presença. (-) = ausência.

2.4 Implantação do experimento e tratamentos culturais

A área foi dessecada (Pré-semeadura) com os herbicidas: Roundup WG[®] (*Glyphosate*) na dose de 2,07 kg ha⁻¹; Aminol[®] (2,4-D) 0,91 L ha⁻¹ e Classic[®] (*Clorimuron Etilico*) 82,64 g ha⁻¹ (ANDREI, 2009).

As parcelas foram compostas de cinco linhas de plantas, com quatro metros de comprimento, espaçamento entre linhas de 45 cm. A parcela útil para avaliações foi constituída das três linhas centrais, desprezando-se, um metro do início e do final de cada parcela em direção ao centro e com bordadura lateral de 90 cm, totalizando área útil de 2,7 m² (NAVA et al., 2011).

A semeadura e adubação de base foram realizadas simultaneamente de forma mecanizada. A adubação foi de 300 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-20 (N:P₂O₅:K₂O), sem Mn na formulação, conforme a necessidade elucidada pela análise de solo (EMBRAPA, 2010) e quantidade informada com auxílio do software NutriFert[®] (SFREDO e LAZZAROTTO, 2007).

Foi utilizada semente certificada do cultivar BMX Potência RR[®] (20 sementes por metro) hábito de crescimento indeterminado, ciclo semi-precoce, maturação com média de 140 dias, recomendado para Macroregião Sojícola 2 (Oeste do Paraná) e classe de maturação 6,7 (BRASMAX, 2011).

As sementes foram tratadas com os produtos: fungicida Derosal Plus[®] (*Benzimidazol e Dimetilditiocarbamato*) na dose de 2 mL kg⁻¹ sementes, inseticida Standak[®] (*Fipronil*) 1 mL kg⁻¹ semente e inoculante com estirpes do gênero *Bradyrhizobium* (2,5 mL kg⁻¹ sementes) (EMBRAPA, 2010).

Na preparação da calda dos produtos, herbicida e fertilizante foliar, utilizou-se micropipeta volumétrica com regulagem mecânica, para melhor exatidão da dosagem. O volume de calda utilizado foi regulado equiparando a 200 L ha⁻¹ (CORREIA et al., 2008).

Para as aplicações foliares dos tratamentos, foi utilizado equipamento de pulverização manual, com cilindro pressurizado de CO₂, de volume conhecido e pressão constante (18 kgf cm²), dotado de barra com disposição simultânea de cinco pontas espaçadas a 40 cm de distância, com altura de aplicação em relação às folhas foi de 30 cm e utilizaram-se pontas de pulverização de jato plano, tipo leque (110/05).

A primeira aplicação (V4) dos tratamentos ocorreu em novembro de 2010, sendo 33 dias após emergência (DAE). A segunda aplicação (V6) ocorreu aos 45 DAE e houve total controle das plantas daninhas até o momento da colheita. A pulverização no campo seguiu a sequência da menor para a maior dose de fertilizante foliar e após as aplicações, foram constatados períodos mínimos de 48 h sem a ocorrência de chuvas, possibilitando maior aproveitamento dos produtos.

O tratamento adicional não recebeu aplicação de herbicida e fertilizante foliar, apenas capina manual para manter a lavoura livre de plantas daninhas até o fechamento das entrelinhas, com a eliminação manual de eventuais emergências. No momento da pulverização dos tratamentos, as quatro parcelas tratamento controle receberam cobertura plástica, para proteção de possíveis derivas dos produtos químicos.

Nos dias das aplicações, foram aferidos dados climáticos do ambiente, para garantir correta eficiência dos produtos (AZEVEDO e FREIRE, 2006). Utilizou-se para isso, equipamento de medição da temperatura (termômetro digital), umidade relativa do ar (higrômetro digital) e anemógrafo. Os dados obtidos nas duas aplicações estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Dados ambientais no momento da aplicação foliar dos tratamentos

Aplicação	Horário	UR (%)	T (°C)	Vento
1 ^a - 33 DAE	19:50 hs	70	24,4	0,3
2 ^a - 45 DAE	09:15 hs	84	21,4	1,2

UR= umidade relativa do ar. Vento em m s⁻¹. T= temperatura.

No controle dos insetos: lagarta falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*) e percevejo marrom (*Euschistus heros*) na área das parcelas, foi utilizado o inseticida Premio[®] (*Clorantraniliprole*) na dose de 49,59 mL ha⁻¹ e Orthene 750 BR[®] (*Acefato*) 0,62 kg ha⁻¹. Para controle da doença ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), foi utilizado o fungicida Aproach Prima[®] (*Picoxystrobina* + *Ciproconazole*) 0,30 L ha⁻¹ (ANDREI, 2009).

Para as aplicações do dessecante, inseticida e fungicida, foi utilizado um pulverizador agrícola de arrasto, percorrendo a área total do experimento de forma uniforme sobre as parcelas.

2.5 Coleta e análise do tecido foliar

Para quantificar os macro e micronutrientes no tecido foliar da soja, foi realizada coleta de folhas em dezembro de 2010, aos 59 DAE, no estágio fenológico R2 com mais de 50% das plantas com floração plena (FEHR e CAVIENESS, 1977), na qual em cada parcela útil foram retiradas 20 trifólios do terço médio da planta, sendo o trifólio mais o pecíolo escolhidas aleatoriamente, conforme procedimentos descritos por EMBRAPA (1996).

As folhas foram armazenadas em sacos de papel perfurados e levadas a estufa de circulação forçada de ar para secagem, a temperatura de 65 °C durante 48 h. Após esse período as mesmas foram moídas em um micro moinho tipo Wiley e acondicionadas em sacos de polietileno limpos (BASSO et al., 2011).

Para determinação dos nutrientes (P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn), foi utilizado o método de digestão nitroperclórica (AOAC, 2005) e a determinação do K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn realizada por espectrometria de absorção atômica (EAA), modalidade chama (WELZ e SPERLING, 1999). O P foi determinado por meio da técnica de espectroscopia de ultravioleta/visível (UV-VIS) e para determinação do N, foi utilizado o método de digestão sulfúrica e destilação a vapor tipo Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995).

2.6 Colheita e avaliação dos componentes de produção e produtividade

A soja foi colhida em fevereiro de 2011, com 140 DAE, diante da maturação média ideal (BRASMAX, 2011), e no estágio R8 (95% das vagens com coloração de madura)

(FEHR e CAVIENESS, 1977). Foi realizada de forma manual recolhendo-se todas as plantas da parcela útil (2,7 m²).

A avaliação dos componentes de produção foi realizada em dez plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente (MANN et al., 2001), tomando-se os seguintes dados: número de legumes por planta, número de grãos por legumes e massa de 100 grãos corrigidos a umidade de 13% (BRASIL, 1992).

O número de legumes por planta foi determinado por meio da coleta de todas os legumes das 10 plantas de cada tratamento e sua contagem, o total foi dividido pelo número de plantas. O número de grãos por legume foi determinado debulhando os legumes e contando os grãos, posteriormente dividindo-se o número de grãos pelo número de legumes encontrados nas 10 plantas. A massa de 100 grãos foi obtida com a média de três amostras em balança analítica com cúpula, levando-se em conta quatro casas após a vírgula.

A avaliação da produtividade da soja, foi obtida com a trilha das plantas por meio de trilhadora estacionária mecânica, sendo então determinado o rendimento de grãos à umidade inicial de 12,93% e posterior correção para de 13% (BRASIL, 1992), realizada por meio da pesagem em balança semi-analítica dos grãos produzidos e, posteriormente, estimou-se a produtividade em kg ha⁻¹.

2.7 Análise estatística dos dados do experimento

Os dados obtidos experimentalmente passaram por testes de normalidade (Lilliefors e Bartlett) e, após terem sido considerados normais, foram submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) a 1 e 5% de probabilidade. Variâncias residuais foram consideradas homogêneas, quando a taxa entre o maior e menor valor foi inferior a sete (PIMENTEL-GOMES, 1985).

As médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As doses de fertilizante foliar foram submetidas à análise de regressão, polinomial escolhendo-se o modelo de ajuste dos dados pelo maior coeficiente de determinação e, principalmente, pela sua significância ($P < 0,01$ e $P < 0,05$) no teste F (Fisher) e teste t (Student) (PIMENTEL-GOMES, 2009). Os resultados foram gerados com auxílio do programa estatístico GENES[®] – VS 2009.7.0 (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do tecido foliar da soja RR

Os resultados da ANOVA, para as variáveis N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe e Zn, apresentada na Tabela 4, mostraram que não ocorreram diferenças significativas ($P>0,05$) para as fontes de variação estádio, dose, interação estádio versus dose e para o fatorial versus tratamento controle. Isto demonstra que as doses e estádios de aplicação de fertilizante foliar com Mn não influenciaram estas variáveis até o início do florescimento da soja RR.

Somente para a variável Mn houve diferença estatística ($P<0,01$) para as fontes de variação estádio e a interação estádio versus dose, demonstrando que ao menos um tratamento foi influenciado por esta interação significativa (Tabela 4).

Tabela 4. ANOVA para os macronutrientes e micronutrientes do tecido foliar da soja RR

F.V.	G.L.	Quadrados médios (macronutrientes)				
		N	P	K	Ca	Mg
BLOCO	3	0,14	0,026	6,38	20,31	1,12
TRATAMENTOS	[10]	2,98	0,026	1,20	3,24	0,16
FATORIAL	(9)	2,90	0,029	1,22	3,47	0,17
Estádio	1	0,36 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Dose	4	2,30 ^{ns}	0,017 ^{ns}	1,37 ^{ns}	3,63 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Estádio X Dose	4	4,13 ^{ns}	0,047 ^{ns}	1,16 ^{ns}	4,07 ^{ns}	0,16 ^{ns}
FAT. X CONTROLE	1	3,64 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,03 ^{ns}
RESÍDUO	30	6,52	0,041	1,52	4,86	0,13
MÉDIA		43,62	2,61	11,95	15,37	4,29
CV%		5,86	7,79	10,29	14,39	8,54
F.V.	G.L.	Quadrados médios (micronutrientes)				
		Cu	Fe	Mn	Zn	
BLOCO	3	1,65	6.740,74	301,01	34,17	
TRATAMENTOS	[10]	0,75	582,07	557,85	6,76	
FATORIAL	(9)	0,80	646,72	595,04	6,93	
Estádio	1	0,58 ^{ns}	1.417,76 ^{ns}	2.940,53 ^{**}	7,98 ^{ns}	
Dose	4	0,68 ^{ns}	590,83 ^{ns}	152,74 ^{ns}	8,92 ^{ns}	
Estádio X Dose	4	0,97 ^{ns}	509,86 ^{ns}	450,96 ^{**}	4,69 ^{ns}	
FAT. X CONTROLE	1	0,33 ^{ns}	0,148 ^{ns}	223,19 ^{ns}	5,16 ^{ns}	
RESÍDUO	30	0,69	778,87	111,09	20,53	
MÉDIA		11,71	153,42	73,97	27,55	
CV%		7,08	18,19	14,11	16,38	

F.V. - fonte de variação, G.L. - grau de liberdade, CV% - coeficiente de variação, ** - significativo a 1% pelo teste F (Fischer), ns – não significativo a 5% pelo teste F.

Estes resultados eram de certa forma esperados, pois durante a condução do experimento, não foi observado sintomas visuais de fitotoxicidade nas folhas da soja RR, em detrimento da aplicação do glyphosate. Esta situação foi semelhante ao trabalho de Correia e Durigan (2007), que utilizaram o mesmo herbicida em condições semelhantes e não observaram efeito *yellow flashing*. Também não foram constatados sintomas visuais de deficiência mineral na soja, o que é fato que deve ocorrer para indicar problemas na nutrição das plantas (VITTI e LUZ, 1998).

Santos et al. (2007) e Stefanello et al. (2011) já relataram que cultivares RR mesmo apresentando injúrias visuais, ocasionados pelo glyphosate, obtiveram total recuperação no florescimento. Autores afirmam que tais amarelecimentos desaparecem e as folhas se recuperam em 14 dias após a segunda aplicação (AGOSTINETTO et al., 2009b) ou 25 dias após primeira aplicação (DANIEL e CORREIA, 2010). Melhorança Filho et al. (2010), em se tratando da cultivar CD-212 RR, presente na região Oeste do Paraná, não observaram fitotoxicidade devido à aplicação de diferentes subdoses de glyphosate.

Agostinetto et al. (2009b) já haviam comentado, que a soja RR demonstra baixa fitotoxicidade ao glyphosate e, mesmo quando surgem injúrias em algumas regiões, podem ser ocasionados por ingredientes inertes e/ou surfactantes existentes em alguns produtos comerciais do herbicida, aliado a cultivares de soja RR mais sucessível a estas moléculas (SANTOS et al., 2007). Ainda os sintomas desaparecem em função do sistema radicular que interfere diretamente na disponibilidade de micronutrientes, principalmente no aspecto de maior exploração de área (MANN et al., 2001).

Vale ressaltar que para não ocorrer tais injúrias é importante usar doses corretas de herbicida recomendado, pelo motivo que em condições de déficit hídrico e/ou nutricional a planta demora em cobrir a entrelinha. Assim há a necessidade de nova aplicação, devido a brotamento e germinação de plantas invasoras, portanto, a soja pode vir a ter contato com doses, se somada às aplicações, duas a três vezes maiores que a recomendada (MELHORANÇA FILHO et al., 2010).

Os resultados não significativos (Tabela 4) para os principais nutrientes, tanto o fatorial quanto para o tratamento controle, corroboram com resultados de Daniel e Correia (2010), que avaliaram os teores foliares de macro e micronutrientes em soja RR (CD 214 RR e M-SOY 7908 RR) pulverizada com glyphosate a campo, também evidenciaram que independente da dose aplicada, não houve influência nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe e Zn.

Santos et al. (2007) e Loecker et al. (2010), em seus trabalhos a campo não constataram efeitos do glyphosate em pós-emergência na soja RR, sobre a concentração de Mn nos tecidos foliares, tratadas ou não com o herbicida. Mesmo caso de Stefanello et al. (2011), analisando o efeito do glyphosate e fertilizante com Mn, em diferentes doses e estádios de aplicação a nível de campo, também não encontraram diferenças estatísticas para os teores foliares dos elementos Fe, Zn e Cu, sendo que a aplicação do fertilizante foliar, influenciou somente o teor de Mn nas folhas em dois locais diferentes e quanto ao glyphosate, não houve diferença significativa, ou seja, não influenciaram os teores foliares de nutrientes em relação a tratamentos sem o herbicida.

É relevante ressaltar que para o elemento P, há evidências de sua participação na absorção do glyphosate. Trabalhos já relataram a importância de um balanço positivo para este elemento no solo, uma vez que as proteínas que transportam grupos fosfatos facilitam a absorção do glyphosate (MELHORANÇA FILHO et al., 2010). Desta maneira, plantas com baixa disponibilidade de P, podem ter indução de uma classe específica de proteínas transportadoras, sintetizada quando a planta sofre estresse desse elemento (DAVIES et al., 2002; MUDGE et al., 2002 e SHIN et al., 2004) e, por fim grande número de transportadoras aceleraria a absorção de glyphosate vindo a causar desbalanço nutricional.

Sabe-se que os elementos móveis (N, P, K e Mg) provocam inicialmente sintomas nas partes mais velhas da planta, enquanto os parcialmente móveis e imóveis (Ca, S e micronutrientes) provocam sintomas nas partes novas da planta (MALAVOLTA et al., 1997). Para a caracterização do sintoma de deficiência ou de toxicidade de um elemento o mesmo deve ocorrer de modo generalizado e apresentar gradiente e simetria na planta, para se diferenciar de outras anomalias, como, por exemplo, as ocasionadas por pragas, doenças, clima, etc. (VITTI e TREVISAN, 2000).

Embora a fitotoxicidade causada principalmente por herbicidas pós-emergentes como o Cobra[®] (*Lactofen*), Volt[®] (*Acifluorfen*, *Bentazona*), Shogum[®] (*Propaquizafop*), e Chart[®] (*Oxasulfuron*) tem provocado sintomas semelhantes aos da deficiência de B, (VITTI e TREVISAN, 2000) e Glyphosate semelhantes aos da deficiência de Mn (GORDON, 2007), é importante conhecer o histórico da lavoura em relação ao manejo das plantas daninhas, pois a aplicação de herbicida em solo com baixa fertilidade pode potencializar o efeito de deficiência nutricional.

O resultado do teste de médias para as fontes de variação: estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle, para todas as variáveis analisadas do tecido foliar, estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Médias dos teores foliares da soja RR, nas fontes de variação estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle para os macros e micronutrientes

ESTÁDIOS	N		P		K		Ca		Mg	
	g kg ⁻¹									
V4	43,43		2,62		11,84		15,22		4,29	
V6	43,62		2,60		12,15		15,42		4,29	
F. Estádio	0,06 ^{ns}		0,08 ^{ns}		0,63 ^{ns}		0,08 ^{ns}		0,02 ^{ns}	
D.M.S.	1,65		0,13		0,80		1,42		0,24	
ESTÁDIOS X DOSE	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6
0,00	43,48	44,94	2,61	2,63	11,91	12,85	13,76	15,54	4,11	4,62
56,75	43,93	42,60	2,66	2,47	12,07	12,78	15,22	15,89	4,09	3,98
113,50	42,69	44,13	2,51	2,60	11,00	11,87	15,68	13,64	4,39	4,19
170,25	42,46	43,24	2,56	2,71	12,02	11,86	15,87	16,59	4,55	4,43
227,00	44,60	43,21	2,75	2,58	12,20	11,40	15,57	15,42	4,29	4,24
F. Estádio X Dose	0,63 ^{ns}		1,15 ^{ns}		0,76 ^{ns}		0,84 ^{ns}		1,21 ^{ns}	
FAT. X CONTROLE										
Fatorial	43,53		2,61		11,99		15,32		4,29	
Controle	44,53		2,61		11,48		15,90		4,38	
F. Fat. X Controle	0,56 ^{ns}		0,02 ^{ns}		0,63 ^{ns}		0,26 ^{ns}		0,21 ^{ns}	
MÉDIAS	43,62		2,61		11,95		15,37		4,29	
ESTÁDIOS	Cu		Fe		Mn		Zn			
	mg kg ⁻¹									
V4	11,62		147,45		66,11 b		27,22			
V6	11,86		159,35		83,26 a		28,11			
F. Estádio	0,84 ^{ns}		1,82 ^{ns}		26,47 ^{**}		0,39 ^{ns}			
D.M.S.	0,54		18,03		6,81		2,93			
ESTÁDIOS X DOSE	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6
0,00	10,69	12,13	134,67	162,69	68,99 A	66,47 A	27,79	30,09		
56,75	11,80	11,88	159,61	170,39	68,78 A	77,19 A	28,30	28,87		
113,50	11,49	11,39	159,16	144,74	68,30 B	86,40 A	25,91	27,92		
170,25	12,16	11,80	150,10	166,84	65,23 B	90,60 A	27,28	25,73		
227,00	11,94	12,08	133,67	152,08	59,26 B	95,65 A	26,81	27,94		
F. Estádio X Dose	1,41 ^{ns}		0,65 ^{ns}		4,06 ^{**}		0,23 ^{ns}			
FAT. X CONTROLE										
Fatorial	11,74		153,40		74,69		27,66			
Controle	11,43		153,60		66,85		26,47			
F. Fat. X Controle	0,48 ^{ns}		0,0002 ^{ns}		2,01 ^{ns}		0,25 ^{ns}			
MÉDIAS	11,71		153,42		73,97		27,55			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical não diferem entre si para Estádios. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si para Estádios X Dose, ns - não significativo, ** - significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F (Fischer). Aplicado teste de Tukey a 5% de probabilidade para todas as médias, D.M.S. – diferença mínima significativa.

Zobiolo e Oliveira Jr. (2009), em seu trabalho de interações fisiológicas entre glyphosate e complexos metálicos, afirmaram que existe um desbalanço nutricional quando se utiliza o herbicida glyphosate na soja RR. Desta maneira a deficiência de um micronutriente nas plantas pode desorganizar os processos metabólicos e causar a deficiência de um macronutriente. Verificando a Tabela 5, observa-se que os valores médios dos nutrientes apontam, para esse experimento, que não ocorreu deficiência nutricional (EMBRAPA, 1996).

Para confirmar essa interrogativa, deve-se empregar a avaliação do estado nutricional por diagnose foliar, proposta por Ambrosano et al. (1996) e EMBRAPA (1996), que trazem os teores foliares ideais para a soja (coleta da 3ª folha com pecíolo no florescimento), com produtividade média de 3.600 kg ha⁻¹.

Observando os valores médios dos nutrientes foliares (Tabela 5): N (43,62 g kg⁻¹), P (2,61 g kg⁻¹), K (11,95 g kg⁻¹), Ca (15,37 g kg⁻¹), Mg (4,29 g kg⁻¹), Cu (11,71 mg kg⁻¹), Fe (153,42 mg kg⁻¹), Mn (73,97 mg kg⁻¹), Zn (27,55 mg kg⁻¹) e seus níveis ideais, segundo Ambrosano et al., (1996): 40-54 g kg⁻¹ (N), 2,5-5,0 g kg⁻¹ (P), 17-25 g kg⁻¹ (K), 4-20 g kg⁻¹ (Ca), 3-10 g kg⁻¹ (Mg), 10-30 mg kg⁻¹ (Cu), 50-350 mg kg⁻¹ (Fe), 20-100 mg kg⁻¹ (Mn) e 20-50 mg kg⁻¹ (Zn) respectivamente. Tem-se, portanto a perspectiva de que as plantas estão com seu estado nutricional equilibrado (VITTI e TREVISAN, 2000).

Em se tratando do Mn foliar, com média de 74,69 mg kg⁻¹ para o fatorial e 66,85 mg kg⁻¹ para o tratamento controle, quantificados na Tabela 5, observa-se que esses valores estão bem acima dos teores considerados como nível crítico (entre 10 e 20 mg kg⁻¹) para que ocorram sintomas de deficiência (OLIVEIRA Jr. et al., 2000). Com e sem a aplicação de fertilizante ou glyphosate, o seu teor nas folhas foi considerado suficiente (28 a 75 mg kg⁻¹), segundo EMBRAPA SOJA (2011).

Correia e Durigan (2009), encontraram resultados semelhantes em seu trabalho com aplicação de Mn e glyphosate na soja (M-SOY 8008 RR), os quais o teor foliar de Mn, tanto na testemunha quanto nos demais tratamentos a campo, permaneceram acima do nível crítico. Também para o Mn, seus teores foliares não foram alterados com aplicação de glyphosate, nem prejudicou a absorção, metabolismo do Mn e, o crescimento e desenvolvimento das plantas foram estatisticamente similares aos das plantas não tratadas com o herbicida.

O fator mais importante responsável pela disponibilidade do Mn para as plantas, em condições normais, é a reação do solo, pois a absorção desse elemento decresce com a elevação do pH, em decorrência da formação de hidróxidos e óxido de Mn de baixa solubilidade (OLIVEIRA Jr. et al., 2000).

Solos de alto pH (6,0 a 7,0) para o Mn (MALAVOLTA, 1986), como no trabalho realizado por Gordon (2007), há menor quantidade deste elemento no solo disponível às plantas e pode aferir deficiência conjuntamente ao glyphosate. Isso atenua que o efeito do herbicida na dinâmica do Mn pode ser acentuado em condições de baixa concentração do elemento disponível no solo.

Observando a análise de solo do experimento (Tabela 1), no qual o teor de Mn se encontra alto, com $82,0 \text{ mg dm}^{-3}$, segundo EMBRAPA SOJA (2008), e seu pH de 5,1; é possível observar que as plantas não se encontraram em deficiência nutricional para o elemento e a aplicação de herbicida não apresentou prejuízos para a nutrição das plantas. Assim, é possível que, mesmo o herbicida interferindo na absorção de Mn, esse efeito deletério não tenha se manifestado devido ao alto teor desse micronutriente no solo, proporcionando maior quantidade de Mn disponível (MALAVOLTA et al., 1997).

Ainda observando os dados meteorológicos favoráveis a região do experimento (Figura 1 e 2), indicando condições propícias ao desenvolvimento radicular da soja, ainda tem-se o fator material de origem do solo e a sua textura, sendo que solos originários de arenito apresentam maiores probabilidades de resposta a micronutrientes em relação a solos originários de basalto (VITTI e TREVISAN, 2000; BORKERT et al., 2001).

Observa-se na interação de estádios versus dose (Tabela 5), que as doses 113,50; 170,25 e 227,00; favoreceram médias maiores de acúmulo de Mn foliar, quando aplicadas no estádio V6, e sendo semelhantes por sua vez as doses 0,00 e 56,75. Isso indica que quando se adotar o manejo de doses acima de 56,75 é estatisticamente mais indicado aplicação no estádio V6.

Os maiores níveis de Mn foliar na soja RR, quando a aplicação foliar foi realizada em estádio V6, podem ser explicados pela maior área foliar existente ou por fatores já constatados por Stefanello et al. (2011), como a aplicação foliar ser realizada em momento próximo a coleta dos trifólios para as análises (R2), o que pode levar a situação em que as folhas continham quantidades de Mn ainda não metabolizado pelas folhas.

O desdobramento para a análise de regressão da interação, entre os teores foliares de Mn em função das doses de fertilizante foliar, para cada estádio de aplicação, mostrou diferença significativa ($P < 0,01$) apenas para V6 (Figura 3) com efeito linear para esse estádio. Pode-se constatar de imediato que as plantas acumularam maiores quantidades deste metal no estádio V6 e para ambos os estádios, havendo efetiva disponibilização de Mn para a soja BMX Potência RR a cima do nível crítico.

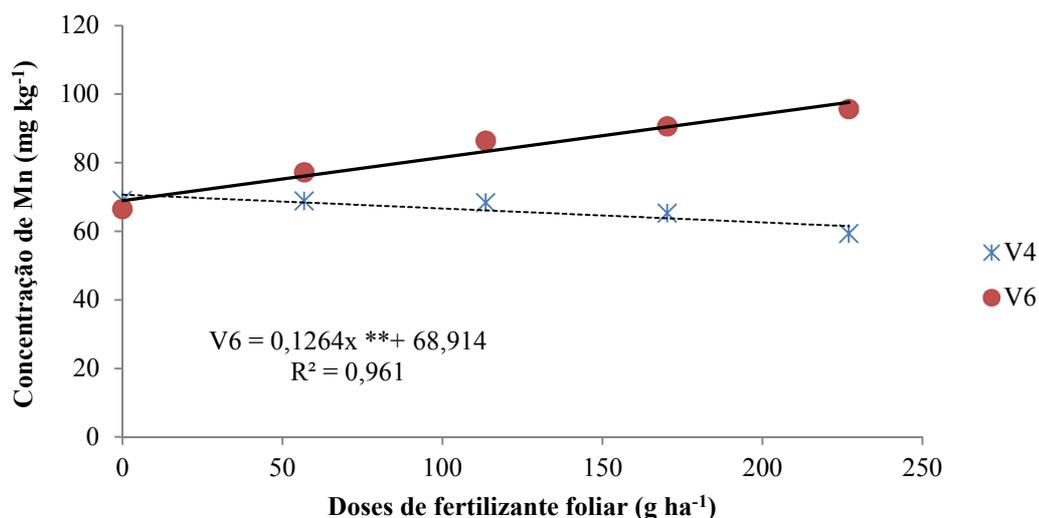


Figura 3. Concentração de Mn no tecido foliar em relação às doses de fertilizante para cada estágio de aplicação. ** - significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.

Observando os resultados, verifica-se que a aplicação de fertilizante foliar no estágio V6 proporcionou incremento nas médias em relação ao estágio V4, mostrando que aplicações em estágios iniciais não favorece acumulação de Mn no tecido foliar. Já aplicações em estágios mais avançados teve média estatisticamente maior do acúmulo de Mn no tecido foliar. Esse comportamento já foi evidenciado por Stefanello et al. (2011), no qual os maiores teores foliares de Mn foram observados quando a adubação foliar com Mn foi realizada nos estágios V8 e R2, quando comparadas a V4.

Em relação ao estágio V4, que o aumento de fertilizante foliar faz com que a concentração de Mn diminua, refletindo numa interação negativa, é importante ressaltar a menor área foliar e massa de raízes em relação ao V6 e, a interceptação de glyphosate e fertilizante praticamente atingiram todas as folhas nesse estágio.

Dessa forma, aponta-se que, por existir maior quantidade de Mn disponível com o acréscimo do elemento na folha, as raízes absorveram e armazenaram o Mn no vacúolo da célula, no qual esse mecanismo pode funcionar como proteção para as plantas, sob condições de alta concentração de Mn no meio (LAVRES Jr. et al., 2008), vindo a reduzir seu acúmulo, evitando assim possível toxicidade.

Em complemento a isto, Heenan e Campbell (1980) relatam que, na condição de crescente suprimento de Mn, as folhas podem acumular quantidades altas do elemento, mas sendo pouco translocado para as folhas jovens em crescimento, uma vez que a redistribuição

de Mn na planta é limitada (PEREIRA et al., 2001). Vale ressaltar que as folhas interceptadas pelo fertilizante foliar em V4, não estavam ativas em R2, momento da coleta para análise foliar e, como o elemento é pouco móvel na planta (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006), essa aplicação em V4 pode ter reduzido a disponibilidade de Mn quando comparada ao estágio V6.

Aproximadamente 80% do glyphosate absorvido pelas folhas é transportado para a raiz e partes jovens da planta (FENG et al., 2003), aliado que, com a degradação do herbicida nas folhas, ocorre o acúmulo do metabólito ácido aminometilfosfônico (AMPA) (ZABLOTOWICZ e REDDY, 2007), que possui efeito fitotóxico, reduzindo o conteúdo de clorofila (REDDY et al. 2004), por tanto, esse acúmulo de AMPA, pode ter sido intensificado em V4 pela menor massa foliar em relação ao V6.

O fato do Mn ter sinergismo com o N (MALAVOLTA, 1998), essa pouca área de raiz em V4 propicia menor fixação biológica e fornecimento de N. Assim, verifica-se que, os maiores teores de Mn observados no tecido foliar da soja, coincidem com os tratamentos que apresentaram maior atividade fotossintética, no caso o V6. Essa relação pode ser explicada devido ao papel importante que os nutrientes N e Mn desencadeiam na fotossíntese (MARSCHNER, 1995).

Já para o estágio V6, enquanto é aumentada a dose de fertilizante foliar, a concentração de Mn na folha tende a aumentar, refletindo em interação positiva, haja visto que as folhas pulverizadas possuíam massa verde maior, o que favoreceu a melhor distribuição de glyphosate na planta e, conseqüentemente, um acúmulo de Mn nas folhas interceptadas, que estavam fisiologicamente ativas em R2.

A explicação disto pode ser baseada no fato da baixa mobilidade do Mn nas folhas e ao efeito de cobertura, um exemplo típico que ocorre na soja, na qual as folhas do terço superior da planta exercem um importante efeito de “guarda-chuva” sobre as folhas mais próximas do solo e a probabilidade das folhas inferiores serem atingidas pela pulverização torna-se muito reduzida causada pelas folhas das camadas superiores (BOLLER et al., 2011).

A tolerância ao excesso de Mn e até de outros metais pesados, em diversas espécies vegetais tem sido atribuída ao poder de retenção do excesso nas raízes e, essa capacidade depende da formação de complexos no sistema radicular (YANG et al., 1997; HAN et al., 2006).

Por sua vez Horiguchi (1988) explica que esses complexos podem apresentar diferenças quanto à sua mobilidade das raízes para a parte aérea, deste modo, metais com elevada eletronegatividade (Cu e Co), formam complexos estáveis nas raízes e são aí acumulados e, elementos com baixa eletronegatividade (Mn e Zn), são facilmente transportados à longa distância na planta.

Em se tratando de aplicação foliar de micronutrientes, os autores Vitti e Trevisan (2000) destacam para o Mn que, além das práticas de manejo do solo, existe a capacidade genética da planta em aumentar a disponibilidade desse elemento pela exsudação de compostos orgânicos pelas raízes, como ácido málico, reduzindo o MnO_2 à formas solúveis (Mn^{2+}); mesma explanação já fizeram Godo e Reisenauer (1980) e, ainda complementam que a soja apresenta diferenças entre as cultivares quanto à sensibilidade e à deficiência de Mn.

Pesquisas dos Estados Unidos vem trazendo resultados diversos na qual confirmam que as variedades de soja RR, não acumulam Mn da mesma maneira que as variedades convencionais e que podem responder à aplicação de Mn em ambientes altamente produtivos (GORDON, 2007). Outros autores complementam que respostas fisiológicas e produtivas das variedades RR podem ser variáveis e dependentes da localidade geográfica, condições ambientais, tipo de solo e sensibilidade a populações nativas do simbionte da soja *Bradyrhizobium* (ZABLOTOWICZ e REDDY, 2007).

É de suma importância haver critérios de recomendação eficiente de micronutrientes, sendo necessário analisar o sistema de forma técnica e prática, ou seja, utilizando-se a análise de solo, diagnose visual, diagnose foliar, bom senso e principalmente conhecer o histórico da área, efeito residual de produtos químicos e práticas culturais adotadas.

3.2 Componentes de produção e da produtividade da soja RR

Os resultados da ANOVA para as variáveis NLP (número de legumes por planta), NGL (número de grão por legume), M100 (massa de 100 grãos) e PROD (produtividade) (Tabela 6) mostraram que não ocorreram diferenças significativas ($P>0,05$) para as fontes de variação estádio, dose, interação estádio versus dose e para o fatorial versus tratamento controle. Isto demonstra que as doses e épocas de aplicação do fertilizante foliar com Mn não influenciaram estas variáveis produtivas da soja RR.

Tabela 6. ANOVA para os componentes de produção e da produtividade da soja RR

F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		NLP	NGL	M100	PROD
BLOCO	3	22,69	0,030	0,316	563.498,93
TRATAMENTOS	[10]	22,60	0,172	0,052	73.083,10
FATORIAL	(9)	19,35	0,166	0,049	69.795,26
Estádio	1	18,22 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,082 ^{ns}	60.279,69 ^{ns}
Dose	4	31,21 ^{ns}	0,062 ^{ns}	0,050 ^{ns}	98.920,63 ^{ns}
Estádio X dose	4	7,787 ^{ns}	0,312 ^{ns}	0,038 ^{ns}	43.048,80 ^{ns}
FAT. X CONTROLE	1	51,82 ^{ns}	0,227 ^{ns}	0,081 ^{ns}	102.673,66 ^{ns}
RESÍDUO	30	30,69	0,196	0,279	104.500,42
MÉDIA		42,07	2,77	14,40	3.728,42
CV (%)		13,27	16,13	3,67	8,70

F.V. = fonte de variação, G.L. = graus de liberdade, CV = coeficiente de variação, NLP = número de legumes por planta, NGL = número de grãos por legume, M100 = massa de 100 grãos, PROD = produtividade.

Quanto ao manejo com glyphosate, não houve diferença significativa entre os tratamentos com o herbicida (fatorial) e o tratamento controle, ou seja, não influenciaram o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas de soja BMX Potência RR.

Mesmo havendo diferença significativa nos teores foliares de Mn entre os tratamentos (Tabela 5), isso não se refletiu nos componentes de produção e produtividade, (Tabela 6). Stefanello et al. (2011), em seu trabalho envolvendo aplicação de Mn foliar e glyphosate, já evidenciaram que não há diferenças estatísticas para produtividade de grãos da soja RR, mesmo em diferentes lugares de experimentação.

Resultados similares já foram encontrados, cuja aplicação de glyphosate em diferentes doses não afetou as plantas de soja RR e não interferiram na produtividade de grãos, independentemente da formulação do produto utilizada (CORREIA e DURIGAN, 2007; VIDRINE et al., 2002; KRAUSZ e YOUNG, 2001; REDDY e ZABLATOWING, 2003; ELMORE et al., 2001; NORSWORTHY, 2004; NURSE et al., 2007; REDDY e WHITING, 2000; ZABLOTOWICZ e REDDY, 2007).

Novamente os resultados foram de certa maneira esperados, no presente experimento, pois não foi possível identificar nenhum fator de injúrias nas plantas de soja RR que possibilitassem a redução de produtividade, o que é coerente com a esperada seletividade deste herbicida em relação à soja RR (DVORANEN et al., 2008).

Uma explicação para isso é que a soja foi geneticamente modificada pela adição de gene que codifica a enzima EPSPS e torna-se tolerante à ação do glyphosate e continua produzindo compostos essenciais ao seu desenvolvimento e o seu crescimento, não sendo afetado pelos efeitos do herbicida (PADGETTE et al., 1995).

Já alguns estudos reportaram redução na produção de grãos de soja sob condições de estresse como baixo aproveitamento de água por certas variedades de soja RR (ELMORE et al., 2001; KING et al., 2001).

Mesmo quando ocorrem injúrias nas folhas da soja RR pulverizadas com glyphosate, Krausz e Young (2001), descrevem que esses sintomas permaneceram restritos às folhas que receberam o produto e as folhas novas apresentaram-se sem injúrias, não comprometendo a produtividade final. Isso mostra que, em solos com teores de Mn acima do suficiente, como o do presente experimento, não é necessária suplementação foliar de Mn em soja RR (BASSO et al., 2011).

O resultado do teste de médias para as fontes de variação: estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle, para todas as variáveis analisadas dos componentes de produção e produtividade da soja RR, estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados dos testes de médias para as fontes de variação estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle para os componentes de produção e produtividade da soja RR

ESTÁDIOS	NLP		NGL		M100		PRO	
	----- n -----				g		kg ha ⁻¹	
V4	42,30		2,75		14,34		3.751,96	
V6	41,03		2,75		14,43		3.674,32	
F·Estádio	0,59 ^{ns}		0,01 ^{ns}		0,30 ^{ns}		0,58 ^{ns}	
D.M.S	3,62		0,11		0,34		208,90	
ESTÁDIOS X DOSE	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6
0,00	41,75	38,82	3,00	2,50	14,21	14,378	3.712,39	3.845,43
56,75	41,72	39,40	3,00	2,75	14,36	14,55	3.716,49	3.471,56
113,50	42,00	43,75	2,50	2,75	14,51	14,436	3.742,84	3.727,19
170,25	45,00	44,25	2,50	3,00	14,40	14,359	3.939,73	3.762,85
227,00	41,45	38,50	2,75	2,75	14,21	14,438	3.648,35	3.564,56
F·Estádio X Dose	0,26 ^{ns}		1,57 ^{ns}		0,14 ^{ns}		0,41 ^{ns}	
FAT. X CONTROLE								
Fatorial	41,72		2,75		14,387		3.713,14	
Controle	45,50		3,00		14,537		3.881,17	
F·Fat. X Controle	1,68 ^{ns}		2,99 ^{ns}		0,29 ^{ns}		0,98 ^{ns}	
MÉDIA	42,07		2,77		14,40		3.728,42	

ns - não significativo pelo Teste F (Fischer). Aplicado teste de Tukey a 5% de probabilidade, D.M.S. – diferença mínima significativa.

A aplicação foliar de Mn pode favorecer a planta no ponto de vista nutricional, partindo do princípio que planta bem nutrida terá maior resistência a estresses causados por fatores bióticos e abióticos (BRAZ et al., 2010). No entanto, a aplicação foliar de Mn não influenciou estatisticamente a produtividade e as demais características avaliadas.

Resultados semelhantes obtiveram Bailey et al. (2002), em que na interação de glyphosate com Mn em mistura na calda de pulverização, não observaram influência da aplicação do herbicida ou de Mn sobre a produtividade de grãos.

Trabalho semelhante, Nava et al. (2012) que avaliaram doses de Mn na soja SYN 3358 RR, manejada com glyphosate em dois estádios, na safra de inverno a campo, verificaram que o fertilizante foliar não contribuiu para o aumento dos componentes de produção e produtividade, quando aplicado nos estádios fenológicos V3 e R2 sob duas aplicações de glyphosate.

Também Braz et al. (2010), em seu trabalho de avaliação dos componentes de rendimento e produtividade de soja RR e convencional em função do manejo de dessecação e de herbicidas em pós-emergência, não constataram diferenças significativas de produtividade, exceto o tratamento no qual não houve o controle de plantas daninhas em pós-emergência.

Mesmo ponto abordado para o tratamento controle, que obteve médias semelhantes ao fatorial, a explicação remete ao fato de que no sistema agrícola existem inúmeras interferências que podem diminuir a produtividade, destacando-se a mato competição, imposta pelas plantas daninhas, que nas lavouras de soja causam competição intensa por água, luz, nutrientes e espaço físico, reduzindo quando não controladas, a produção de maneira drástica (NETO et al., 2009).

A produtividade média obtida no experimento foi de 3.728,42 kg ha⁻¹ (Tabela 7), muito acima dos números apontados pela CONAB e divulgados pela EMBRAPA, (2012) que mostram produção nacional de 3.106 kg ha⁻¹, confirmando as condições ideais de manejo, balanço nutricional e edafoclimáticas encontrados nesse experimento. Vitti e Trevisan (2000) comentam que a produtividade média do Brasil está muito aquém do potencial de produção atingido pela pesquisa, dentre os fatores de produtividade, o manejo químico do solo associado a fatores climáticos é ainda o que mais limita a produtividade da soja.

Observações feitas por agricultores dos EUA, de que a produtividade de suas cultivares de soja RR, mesmo em ótimas condições edafoclimáticas e fitossanitárias, não é tão elevada como esperado, enfocam que o gene adicionado na soja RR pode ter alterado outros processos fisiológicos na planta e que o glyphosate pode retardar a absorção e a translocação

de nutrientes e ainda afetar populações de microrganismos do solo responsáveis pela redução do elemento na forma Mn^{2+} (GORDON, 2007).

Em se tratando de variedades oriundas do EUA, de onde advêm os principais trabalhos de pesquisas no qual o glyphosate interfere na assimilação de nutrientes (GORDON, 2007). Deuber (1997) explica que o fato de possuir centro de origem de clima temperado, essas cultivares apresentam baixa eficiência fotossintética, reforçando que a dificuldade de assimilar o Mn pode estar relacionada ao tipo de melhoramento genético de cada cultivar.

Outra explicação para casos de baixa produtividade está relacionada a sintomas de deficiência de Mn, que comumente ocorrem em situações de cultivo em solos com baixa fertilidade natural, utilização intensiva do solo, supercalagem e aplicações sucessivas de fosfatos, contribuindo para a redução da disponibilidade de micronutrientes (MASCARENHAS et al., 1996), fato que não aconteceu nesse experimento.

É relevante o fato de que a aplicação de Mn via foliar se mostra mais eficiente quando comparada via solo (MANN et al., 2001) e o presente trabalho evidenciou que o fertilizante foliar nas dosagens de Mn aplicadas pode ser realizado comumente com o glyphosate, quando se almeja elevar os teores de Mn na folha, o que não vai refletir na produtividade e rendimento financeiro em curto prazo.

Entretanto, para que a soja RR seja colocada num patamar de tecnologia a fim de assegurar o espaço que vem conquistando, é necessário que a mesma se estabeleça como economicamente viável e auxilie na melhoria das características químicas e conservação do solo e também no manejo das plantas daninhas infestantes (AGOSTINETTO et al., 2009a).

Não havendo acréscimo na produção e conseqüentemente lucro financeiro na utilização de fertilizante foliar com Mn nesse experimento, salienta-se a importância de utilizar técnicas de prescrição de fertilizantes, para um sistema ideal do ponto de vista econômico, de segurança para o agricultor e de uso racional de recursos naturais para a eficaz sustentabilidade de plantas transgênicas, que possuem muitos pontos contrários desde sua liberação.

4 CONCLUSÕES

A aplicação foliar de fertilizante com Mn, nas doses e estádios de aplicação, favoreceu apenas o teor foliar do micronutriente Mn na soja RR.

O fertilizante foliar aplicado no estágio V6 proporcionou efeito linear, com elevação dos teores foliares para o Mn em relação ao aumento das doses. Já em V4 não foi encontrado diferença significativa entre as doses.

Nas condições edafoclimáticas em que foi realizado o experimento, a aplicação de glyphosate na dose recomendada na soja RR, não teve efeito deletério nos teores foliares dos nutrientes, e tão pouco os componentes de produção e da produtividade de grãos foram influenciados pela aplicação do fertilizante foliar de Mn.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; GABRIELLI, G. C. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. SBCS: Viçosa, 2007. p. 737-768.
- AGOSTINETTO, D. A. et al. Respostas de cultivares de soja transgênica e controle de plantas daninhas em função de épocas de aplicação e formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 739-746, 2009a.
- AGOSTINETTO, D. A. et al. Desempenho de formulações e doses de glyphosate em soja transgênica. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Maranhão, v. 3, n. 2, p. 35-41, 2009b.
- AMBROSANO, E. J. et al. Leguminosas e Oleaginosas. In: RAIJ, B. V. et al. (Eds.). **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**, 2ª ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p. 187-203.
- ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 8 ed. São Paulo: Organização Andrei, 2009. 1380 p.
- ARIAS, C. A. A. Potencial genético da soja: progressos e limitações para alta produtividade. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; Brazilian Soybean Congress, 3, 2004, Foz do Iguaçu, **Proceedings**, Embrapa-Cnpsoja, 2004, p. 1263-1268.
- AOAC - Association of official analytical chemists. **Official methods of analysis**. 18 ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. 300 p.
- AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical (Documentos, n. 102, ISSN 1677-1915), dez. 2006. 47 p.
- BAILEY, W. A. et al. Glyphosate interactions with manganese. **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 4, p. 792-799, 2002.
- BASSO, J. C. et al. Aplicação foliar de manganês em soja transgênica tolerante ao glyphosate. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1726-1731, out. 2011.
- BOLLER, W.; FERREIRA, M. C.; COSTA, D. I. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja? **Plantio Direto**, ed. 121, p. 33-37, jan./fev. 2011.
- BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; BATAGLIA, O. C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. Van e ABREU, C. A. (Eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/Potafós, 2001. p. 151-185.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Instrução normativa nº 02 de 09 de outubro de 2008. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 de out. de 2008.

BRASMAX. **Descrição da cultivar BMX Potência RR**. Disponível em: <<http://www.brasmaxgenetica.com.br/producto.php?id=13&r=S>>. Acesso em 5 nov. 2011.

BRAZ, G. B. P. et al. Componentes de produção e rendimento de soja em função da época de dessecação e do manejo em pós-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Maringá, v. 9, n. 2, p. 63-72, mai./ago. 2010.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Seletividade de diferentes herbicidas à base de glyphosate a soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 375-379, 2007.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Seletividade da soja transgênica tolerante ao glyphosate e eficácia de controle de *Commelina benghalensis* com herbicidas aplicados isolados e em misturas. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 663-671, 2008.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C. Glyphosate e adubação foliar com manganês na cultura da soja transgênica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 721-727, 2009.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa, 2006. 382 p.

DANIEL, B.; CORREIA, N. M. **Teores foliares de macro e micronutrientes em soja transgênica pulverizada com glyphosate**. Disponível em: <http://sbcpd.org/portal/anais/XXVII_CBCPD/PDFs/297.pdf>. Acesso em 18 jul. 2010.

DAVIES, T. G. E. et al. Expression analysis of putative high-affinity phosphate transporters in Chinese winter wheats. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 10, p. 1325-1339, oct. 2002.

DEUBER, R. **Ciência das Plantas Infestantes: Manejo**. Campinas: Edição do autor, v. 2, 1997. 285 p.

DVORANEN, E. C. et al. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glyphosate, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 619-625, 2008.

ELMORE, R. W. et al. Glyphosate-resistant soybean cultivar yields compared with sister lin. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 2, p. 408-412, mar./apr. 2001.

EMBRAPA SOJA -. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja, região central do Brasil 2012 e 2013**. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902; n.15). Londrina, 2011. 261 p.

EMBRAPA SOJA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja, região central do Brasil, 2009 e 2010**. Londrina: Embrapa Soja (Sistemas de Produção n. 13). 2008. 262 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em números (safra 2010/2011)**. Disponível em : <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=2&op_page=294>. Acesso em 10 nov. 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro 2 ed. 2006. 306 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja, região central do Brasil, 2011**. Londrina: Embrapa Soja Sistemas de Produção, n.14, 2010. 255 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil. 1996/97**. Londrina: EMBRAPA-SOJA, (Documento n. 96), 1996. 164 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. (Special Report, 80), Ames: Iowa State University, 1977. 12 p.

FENG, P. C. C.; CHIU, T.; SAMMONS, R. D. Glyphosate efficacy is contributed by its tissue concentration and sensitivity in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 77, n. 3, p. 83-91, nov. 2003.

FRANCHINI, J. C. et al. Alterações na nutrição mineral da soja induzidas por transgenia e manejo com herbicidas. In: **XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil** (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X, n.304), v. 30, p. 296-298, 2008.

GODO, G. H.; REISENAUER, H. M. Plant effects on soil manganese availability. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 993-995, 1980.

GONÇALVES Jr., A. C.; PESSOA, A. C. S. Fitodisponibilidade de Cádmio, Chumbo e Crômio, em soja cultivada em argilossolo vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 3, n. 1-2, p. 19-23. 2002.

GONÇALVES Jr. et al. Métodos extratores e fitodisponibilidade de zinco para milho em Argissolo Vermelho-amarelo eutrófico. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 7, n. 1-2, p. 35-40, 2006.

GORDON, B. Adubação com manganês em soja convencional e soja resistente ao glifosato. **Informações Agronômicas**, Piracicaba: IPNI - International Plant Nutrition Institute, v. 117, p. 6-7, mar. 2007.

HAN, F. et al. Enhanced cadmium accumulation in maize roots – The impact of organic acids. **Plant Soil**, Crawley, v. 289, p. 355-368, 2006.

HEENAN, D. P.; CAMPBELL, L. C. Transport and distribution of manganese in two cultivars of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 31, n. 5, p. 943 - 949, 1980.

HORIGUCHI, T. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 33, n. 1, p. 65-73, 1988.

IAPAR, Instituto Agronômico do Paraná. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina, Circular 76, 1992, 40 p.

IAPAR, Instituto Agronômico do Paraná. **Agrometeorologia**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=667>>. Acesso em 10 dez. 2011.

KING, C. A.; PURCEL, 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, n. 2, p. 179-186, jan. 2001.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 390 p.

KRAUSZ, R. E.; YOUNG, B. G. Response of glyphosate resistant soybean (*Glycine max*) to trimethylsulfonium and isopropylamine salts of glyphosate. **Weed Technology**, Lawrence, v. 15, n. 4, p. 745-749, oct. 2001.

LAVRES Jr. et al. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 173-181, jan./fev. 2008.

LOECKER, J. L. et al. Manganese Response in Conventional and Glyphosate Resistant Soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, n. 2, p. 606-611, mar. 2010.

MALAVOLTA, E. Adubação mineral e sua relação com doenças das plantas: a visão de um nutricionista de plantas. In: WORKSHOP – A interface solo-raiz (rizosfera) e relações com a disponibilidade de nutrientes, a nutrição e as doenças de plantas. **Anais**, Piracicaba: POTAFOS/CEA, 1998. p. 1-60.

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

MALAVOLTA, E. **Micronutrientes na adubação**. Paulínia: Nutriplant, 1986. 70 p.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: IPNI – International Plant Nutrition Institute, n. 121, p. 1-10, mar. 2008.

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

MANN, E. N. et al. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 264-273, mar./abr. 2001.

MANN, E. N. et al. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, dez. 2002.

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

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 164-171, jan./abr. 1996.

MELARATO, M. et al. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 1069-1071, 2002.

MELHORANÇA FILHO, A. L. et al. Efeito de glyphosate sobre características produtivas em cultivares de soja transgênica e convencional. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 322-333, may./jun. 2010.

MUDGE, S. R. et al. Expression analysis suggests novel roles for members of the Pht1 family of phosphate transporters in *Arabidopsis*. **The Plant Journal**, v. 31, n. 3, p. 341-353, ago. 2002.

NAVA, I. A. et al. Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fontes de NPK+Zn. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, n. 5, v. 35, p. 884-892, set./out. 2011.

NAVA, I. A. et al. Efeitos da fertilização foliar com manganês em soja transgênica cultivada no inverno manejada com glifosato. **Recursos Rurais: IBADER**, Santiago de Compostela, n. 8, p. 5-11, dez. 2012.

NETO, M. E. F. et al. Seletividade de herbicidas pós-emergentes aplicados na soja geneticamente modificada. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 345-352, 2009.

NORSWORTHY, J. K. Broadleaved weed control in widerow soybean (*Glycine max*) using conventional and glyphosate herbicide programmes. **Crop Protection**, v. 23, n. 12, p. 1229-1235, dez. 2004.

NURSE, R. E.; et al. Is the application of a residual herbicide required prior to glyphosate application in no-till glyphosate tolerant soybean (*Glycine max*) ? **Crop Protection**, v. 26, n. 4, p. 484-489, 2007.

OLIC, N. B. **Os caminhos percorridos pela soja no Brasil**. Revista Pangea - Quinzenário de Política, Economia e Cultura. Disponível em <http://www.clubemundo.com.br/revistapangea/show_news.asp?n=17&ed=4>. Acesso em 3 nov. 2012.

OLIVEIRA Jr., 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, v. 35, n. 8, p. 1629-1636, ago. 2000.

PADGETTE, S. R. et al. Development, Identification, and Characterization of a Glyphosate-Tolerant Soybean Line. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 5, p. 1451-1461, set. 1995.

PEREIRA, G. D. et al. Doses e modo de adubação com manganês e seus efeitos na produção na cultura do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 625-633, 2001.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 11. ed. São Paulo: Nobel, 1985. 466 p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

REDDY, K. N.; WHITING, K. Weed control and economic comparisons of glyphosate-resistant, sulfonylurea-tolerant, and conventional soybean (*Glycine max*) systems. **Weed Technology**, Lawrence, v. 14, n. 1, p. 204-211, jan. 2000.

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

REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Califórnia, v. 52, p. 5139–5143, 2004.

ROESSING, A. C.; GUEDES, L. C. A. Aspectos econômicos do complexo soja: sua participação na economia brasileira e evolução na região do Brasil Central. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M. (Eds.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993, 535 p.

SANTOS, J. B. et al. Efeito de formulações na absorção e translocação do glyphosate em soja transgênica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 381-388, 2007.

SFREDO, G. J.; LAZZAROTTO, J. J. **NutriFert - Uso da informática para adubação e nutrição da soja**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja. Documentos n. 289. ISSN 1516-781X. Londrina, jul. 2007.

SHIN, H. et al. Phosphate transport in *Arabidopsis*: Pht1;1 and Pht1;4 play a major role in phosphate acquisition from both low- and highphosphate environments. **The Plant Journal**, v. 39, n. 4, p. 629-642, ago. 2004.

SILVA, I. L. S. S. et al. Efeito de nutrientes combinados com indutores de resistência na proteção contra a vassoura-de-bruxa no cacauzeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 61-67, jan./fev. 2008.

STAUT, L. A. **Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja**. Disponível em: <<http://www.cpa0.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo5.html>> Acesso em 18 jul. 2009.

STEFANELLO, F. F. et al. Efeito de glifosato e manganês na nutrição e produtividade da soja transgênica. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 1007-1014, jul./set. 2011.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2ª ed., Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (Boletim Técnico, n. 5), 1995. 174 p.

VIDRINE, P. R. et al. Evaluation of reduced rates of glyphosate and chlorimuron in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 4, p. 731-736, 2002.

VITTI, C. G.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba: Potafos, n. 90, p. 1-16, jun. 2000.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. de. Manejo químico do solo para alta produtividade da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Eds.). **Soja: Tecnologia da produção**, Piracicaba, 1998. p. 84-112.

WELZ, B; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**. 3ª ed, Willey-VHC, Weinheim. 1999. 941 p.

YANG, W. E. et al. Accumulation and transport of nickel in relation to organic acids in ryegrass and maize grown with different nickel levels. **Plant and Soil**, v. 196, n. 2, p. 271-276, oct. 1997.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 370-376, mar. 2007.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA Jr. R. S de. Interações fisiológicas entre glifosato e complexos metálicos. In: SARAIVA, O. F.; LEITE, R. M. V. B. de C.; CASTRO, C. de. Londrina: Embrapa Soja, **Ata da XXX Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**, (Documentos, n. 310, ISSN 1516-781X), p. 101-109, mai. 2009.

CAPÍTULO III – NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DA SOJA RR SOB APLICAÇÃO FOLIAR DE Mn EM DOSES E ESTÁDIOS FENOLÓGICOS SOB MANEJO PÓS-EMERGENTE DE GLYPHOSATE EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

RESUMO

Com o desenvolvimento da soja RR, observa-se aumento considerável no uso de glyphosate. Essas aplicações podem estar influenciando negativamente a nutrição mineral da soja, principalmente para o Mn. Com este trabalho objetivou-se avaliar a influência do fertilizante foliar com Mn em diferentes doses e estádios fenológicos de aplicação e seus efeitos nos teores foliares dos nutrientes e dos componentes de produção, manejada com o herbicida glyphosate em pós-emergência da soja RR. O experimento foi realizado em casa de vegetação, com delineamento em blocos casualizados em um fatorial com tratamento adicional [(2x5)+1] e quatro repetições. Os tratamentos contaram de dois estádios fenológicos de aplicação (V4 e V6) e cinco doses de fertilizante foliar com Mn (0,00; 56,75; 113,50; 170,25 e 227,00 g ha⁻¹ de Mn²⁺). A soja recebeu duas aplicações de glyphosate concomitante ao fertilizante foliar para manejo das plantas daninhas. Os resultados indicaram que a aplicação do fertilizante com Mn no estágio V4 diminuiu os teores de N e elevou os de Ca em relação ao V6 que teve resultado inverso, com aumento do N e a redução do Ca foliar. Para a dose de 112,24 g ha⁻¹ de Mn foi constatado o ponto crítico para recomendação do fertilizante no estágio V6. A fertilização foliar com Mn aplicado concomitantemente ao glyphosate, não proporcionou incrementos nos componentes de produtividade da soja RR em ambas as doses e estádios de aplicação sob condições controladas.

Palavras-chave: *Glycine max* L., fertilização foliar, micronutriente, herbicida.

ABSTRACT

NUTRITION AND YIELD OF RR SOYBEAN UNDER FOLIAR APPLICATION OF Mn IN DOSES AND PHENOLOGICAL STAGES UNDER POST-EMERGENT MANAGEMENT OF GLYPHOSATE IN CONTROLLED CONDITIONS

With the development of the RR soybean is noticeable the increase usage of glyphosate. These applications might be influencing negatively the mineral nutrition of the soybeans, especially for the Mn. This project aimed to evaluate the influence of the foliar fertilizer with Mn in different doses and phenological stages of application and their effects on foliar content levels of nutrients and yield components, managed with the herbicide glyphosate on post-emergent of the RR soybean. The experiment was conducted in a greenhouse with a arranged randomized block design in a factorial scheme with additional treatment [(2x5)+1] and four repetition. The treatments had two growth stages of application (V4 and V6) and five doses of foliar fertilizer with Mn (0,00; 56,75; 113,50; 170,25 e 227,00 g ha⁻¹ de Mn²⁺). The soybean received two application of glyphosate concomitant to a foliar fertilizer for weed management. The results indicated that the application of fertilizer with Mn on V4 stage reduced the levels of N and increase the Ca, compared to V6 which had the opposite result, with the increase of N and decrease of foliar Ca. For a dose of 112,24 g ha⁻¹ of Mn a critical point was found for fertilizer recommendation in the V6 stage. The foliar fertilization with Mn applied concomitantly to glyphosate, did not provide increments on yield components of RR soybean in both dosages and stages of applications under controlled conditions.

Keywords: *Glycine max* L., foliar fertilizer, micronutrients, herbicide inhibitor of EPSPS.

1 INTRODUÇÃO

Para as necessidades nutricionais da soja (*Glycine max* L.), além dos macronutrientes orgânicos fornecidos pela atmosfera em forma de dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O), essa espécie necessita de outros fornecidos pelo solo como: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), cobalto (Co) e zinco (Zn); muitos desses oferecidos por meio do manejo da matéria orgânica e pela fertilização mineral (VITTI e TREVISAN, 2000).

A soja possui grande potencial produtivo a ser explorado, seja por pesquisas em genética que aumenta sua produtividade, ou pela capacidade brasileira de expansão de áreas agrícolas; tudo isso pode fazer com que a médio e longo prazo, estabeleça o Brasil em patamares elevados perante o mercado mundial dessa oleaginosa (ARIAS, 2004). Mas esse potencial está ligado à intensidade de infestação das plantas daninhas, visto que as mesmas competem com as plantas por fatores essenciais para seu desenvolvimento vegetativo (FERRI e VIDAL, 2003).

De acordo com Procópio et al. (2006), a aplicação de herbicidas em dessecação de manejo e pós-emergente na soja, tornou-se prática obrigatória em cultivos realizados no sistema plantio direto, sendo o principal herbicida de dessecação utilizado o glyphosate, que age inibindo a enzima 5-enol-piruvil-shiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), atuante na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos (MENDELSON, 1998).

Em se tratando de plantas transgênicas resistentes a herbicida, a soja RR (Randup Ready[®]) está presente no Brasil desde 2003, mas sua presença vem aumentando ano após ano em todo o país, num mesmo ritmo em que está havendo crescimento no uso do herbicida glyphosate, tanto uso como pré ou em pós-emergência da soja, diante do fato de seu custo baixo e praticidade de manejo (FRANCHINI et al., 2008). A soja RR significou evolução técnica, mas para que o máximo proveito possa ser obtido é preciso saber utilizá-la (GAZZIEIRO et al., 2008).

No mundo o Brasil registrou o maior crescimento absoluto em adoção de biotecnologia agrícola na soja (MALAVOLTA, 2008). A implantação desta tecnologia tem possibilitado ao agricultor a simplificação no controle de plantas daninhas, sendo que a soja é cultivada em praticamente todas as regiões do Paraná, as quais apresentam grande diversidade ambiental (LIMA et al., 2008).

Muito se especulava, em teoria, que as cultivares transgênicas seriam alteradas somente em sua capacidade de resistência ao herbicida. Na prática, porém, a complexidade do genoma da soja pode resultar no fato de a introdução de um novo gene alterar a regulação de outros (GRESSHOFF, 1993).

Sobre este fato, já foi evidenciado que para os nutrientes Ca, Mn, N, P e Mg, a modificação genética proporcionou diminuição de seus teores foliares em relação ao material não transgênico convencional (FRANCHINI et al., 2008), comprovando efeitos negativos da modificação genética pela introdução do gene de tolerância ao glyphosate.

Além das alterações nutricionais, quando a soja RR é tratada com o glyphosate, os efeitos negativos aumentam, da forma que o principal sintoma, observado em campo após a aplicação do herbicida, é o amarelecimento das folhas superiores (FRANCHINI et al., 2008). Nesse caso, existe a recomendação de aplicação de Mn, concomitante ou subsequente ao herbicida; no entanto, há algumas cultivares que não apresentam amarelecimento, enquanto outras podem apresentar alta fitointoxicação causada pelo herbicida (ZOBIOLE e OLIVEIRA Jr., 2009).

O Mn desempenha funções importantes na vida da planta, como a ativação de enzimas, formação de clorofila, funcionamento dos cloroplastos e metabolismo do N (MELARATO et al., 2002; MALAVOLTA, 2008). Há relatos que sua aplicação na soja, em solo equilibrado, pode beneficiar a emergência de plântulas, produtividade, teores de proteína e óleo do grão (MANN et al., 2002); bem como seu efeito na síntese de compostos tóxicos a patógenos, o que leva a consequência de maior resistência a doenças (DATNOFF et al., 2007).

Na reflexão de que a deficiência de micronutrientes nos solos agrícolas representa preocupação crescente (GONÇALVES Jr. e PESSOA, 2002), é importante conhecer as formas de fornecimento dos elementos. No caso do Mn no solo, sua disponibilidade depende de seu estado de oxidação, no qual a forma disponível é a reduzida, Mn^{2+} , enquanto a forma oxidada, Mn^{4+} , se enquadra como óxidos insolúveis (MARSCHNER, 1995).

Em se tratando de fertilizante foliar, resultados de pesquisas têm demonstrado respostas significativas para Mn, Co e Mo, não havendo recomendação para adubação foliar com outros micronutrientes (STAUT, 2009). Ainda, na correção da deficiência de Mn na soja, a aplicação foliar é mais eficiente e recomendado do que a aplicação via solo em sulco de semeadura (MANN et al., 2002).

Resultados obtidos reforçam a hipótese de que o glyphosate pode prejudicar a simbiose entre *Rhizobium* e soja, uma vez que o mesmo também apresenta em seu metabolismo a EPSPS, a qual é sensível a esse herbicida (SANTOS et al., 2007). Da mesma forma, o trabalho de Zobiole et al. (2010b), que avaliou a influência do glyphosate na soja RR nas variáveis fotossintéticas, nos parâmetros de nodulação e na biomassa seca da parte aérea e raiz, verificaram que as variáveis foram afetadas pela aplicação do herbicida.

Gordon (2006) afirma que apesar da aceitação generalizada da soja transgênica nos EUA, os agricultores estão percebendo que a soja RR não está produzindo tanto quanto esperavam, mesmo nas condições de solo e clima ideais. Ainda apontam evidências para interferências do glyphosate no metabolismo da planta e também na população de microrganismos do solo responsáveis pela disponibilização do Mn do solo para às plantas.

Já Reddy et al. (2004) comentam que o sintoma clorótico indesejável na soja RR tem sido atribuído ao acúmulo do primeiro metabólito fitotóxico do glyphosate, conhecido como ácido aminometilfosfônico (AMPA), o qual é um dos responsáveis pela diminuição da biomassa seca da parte aérea e raiz e do teor de clorofila (REDDY et al., 2000; KING et al., 2001; ZABLOTOWICZ e REDDY, 2004).

Todos esses argumentos levam a crer que na soja RR, após a utilização do glyphosate em pós-emergência, está ocorrendo amarelecimento das folhas superiores, indicando deficiência do micronutriente Mn. Esse indicativo está impulsionando o uso de fertilizante foliar, sem as devidas averiguações de pesquisa em se tratando de correta aplicação e manejo da lavoura. Além do mais, as doses e épocas de aplicação recomendadas são divulgadas por empresas multinacionais fabricantes do produto e não por órgãos de pesquisas.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a aplicação de fertilizante foliar comercial com Mn, em doses e estádios fenológicos de aplicação e seus efeitos nos teores foliares dos nutrientes e dos componentes de produção, manejada com o herbicida glyphosate em pós-emergência da soja RR conduzida em casa de vegetação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local de condução do experimento

O experimento foi realizado em casa de vegetação, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais (NEE) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Câmpus de Marechal Cândido Rondon – PR, no período compreendido entre outubro de 2011 a fevereiro de 2012. As coordenadas geográficas são: Latitude 24°46'S (Sul), Longitude 54°22'W (Oeste) e Altitude de 420 m (FEY et al., 2010).

O clima da região é subtropical úmido mesotérmico (cfa) (KÖPPEN, 1931), verões quentes, com tendência de concentração das chuvas (temperatura média superior a 22 °C) e invernos com geadas pouco frequentes (temperatura média inferior a 18 °C) (IAPAR, 2011).

2.2 Caracterização do solo

O solo utilizado foi retirado em área de lavoura comercial, situado no município de Palotina – PR, Latitude 24°18'S, Longitude 53°55'W, Altitude de 310 m (IAPAR, 2011), classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) (EMBRAPA, 2006), Solo Tipo 2, Classe Médio (BRASIL, 2008). Foi coletada amostra composta para análise química, empregando a metodologia proposta pelo IAPAR (1992).

Após constatação de acidez nesse solo, com pH (CaCl₂) de 4,73; 1,34% de Al; 0,10 cmol_c dm⁻³ de Al³⁺ e saturação de bases em 49,26%, procedeu-se correção por meio de calagem (VITTI e TREVISAN, 2000), com dose equivalente a 2,14 T ha⁻¹ de calcário dolomítico (75% de PRNT), para elevação da saturação de bases para 60% (EMBRAPA, 2010). O calcário foi aplicado e revolvido de maneira uniforme na massa de solo.

Após a calagem, o solo foi umedecido com água para manter a umidade equivalente a 60% do volume total de poros (EMBRAPA, 1997), permanecendo em repouso (incubados) por 5 meses (SERRA et al., 2011). Após esse período o solo foi seco ao ar, passado em peneira com malha 10 mesh (ZOBIOLE et al., 2010b) e coletado nova amostra composta para análise.

O resultado está apresentado na Tabela 1, realizada empregando a metodologia proposta pelo IAPAR (1992) e análise granulométrica, pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1: Análise química e granulométrica do solo utilizado no experimento

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC
	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----						
5,43	3,08	0,48	7,16	1,77	0,00	4,02	9,41	13,43
	Baixo	Alto	Alto	Alto	Baixo			
V	Fe	Cu	Zn	Mn	Areia	Silte	Argila	
%	-----mg dm ⁻³ -----			-----g kg ⁻¹ -----				
70,07	19,10	2,20	6,60	68,00	498,26	178,74	323,00	
	Médio	Alto	Alto	Alto				

P, K, Micronutrientes = Extrator Mehlich⁻¹. Al, Ca e Mg = KCl 1 mol L⁻¹. H+Al = Tampão SMP pH (7,5). SB = soma de bases. V = saturação das bases. pH = cloreto de cálcio (CaCl₂). Alto, Médio e Baixo = classificação segundo: EMBRAPA SOJA (2011), Sfredo e Lazzarotto (2007) e Abreu et al. (2007).

2.3 Tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), esquema fatorial duplo com tratamento adicional (PIMENTEL-GOMES, 2009) [(2x5)+1], com quatro repetições, sendo dois estádios fenológicos de aplicação e cinco doses de fertilizante foliar com um tratamento controle, totalizando 11 tratamentos e 44 vasos.

Os tratamentos foram dispostos em duas aplicações de fertilizante foliar com Mn, uma para o estágio fenológico V4 (mais de 50% de trifólios desenvolvidos no 4º nó) e outra para V6 (mais de 50% de trifólios desenvolvidos no 6º nó), conforme classificação dos estádios de desenvolvimento da soja, proposta por Fehr e Caviness (1977).

Foram utilizadas cinco doses de fertilizante de Mn nas concentrações: 0,00; 56,75; 113,50; 170,25 e 227,00 g ha⁻¹ de Mn²⁺ representando: 0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada para correção de deficiência de Mn (0,23 L ha⁻¹) em soja RR manejada com glyphosate, esta informada pelo fabricante do produto comercial Broadacre Mn[®], que possui 50,0% Mn m/v em suspensão aquosa de sulfato de manganês (MnSO₄) (SILVA et al., 2008).

A soja recebeu duas aplicações de glyphosate em pós-emergência, como forma de manejo (simulação para controle das plantas daninhas) nos 10 tratamentos do fatorial e o momento de aplicação foi concomitante ao do fertilizante foliar (V4 e V6).

Utilizou-se o herbicida de marca comercial Randup Ready® (*Sal de Isopropilamina de glyphosate* de 648 g L⁻¹), na dose de 2,50 L ha⁻¹, de forma a simular a necessidade de controle das plantas daninhas (ANDREI, 2009), numa lavoura comercial de soja.

A exemplificação dos tratamentos, doses e épocas de aplicação estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2. Demonstração dos tratamentos, doses e estádios utilizados

Tratamentos	V4	V6
T01 – V4/0,00	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T02 – V4/56,75	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T03 – V4/113,50	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T04 – V4/170,25	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T05 – V4/227,00	Mn (+)/HG (+)	Mn (-)/HG (+)
T06 – V6/0,00	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T07 – V6/56,75	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T08 – V6/113,50	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T09 – V6/170,25	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T10 – V6/227,00	Mn (-)/HG (+)	Mn (+)/HG (+)
T11 – Tratamento controle	Mn (-)/HG (-)	Mn (-)/HG (-)

T = tratamento. V4 e V6 = estádios fenológicos da soja. 0,00; 56,75; 113,50; 170,25 e 227,00 = concentrações de Mn. Tratamento controle = tratamento adicional. HG = herbicida glyphosate. Mn = fertilizante foliar. (+) = presença. (-) = ausência.

2.4 Implantação do experimento e tratamentos culturais

O experimento foi implantado em vasos de polietileno, com capacidade para seis dm⁻³ de solo forrados com plástico em seu interior para evitar a perda de água e nutrientes pela drenagem (SKREBSKY et al., 2008). O solo foi homogeneizado e pesado em balança para que cada vaso tivesse a mesma massa de substrato.

Antes da semeadura, cada recipiente foi adubado com fertilizante mineral, na dose 0,3 g dm⁻³ de solo, do formulado 00-20-20 (N:P₂O₅:K₂O) sem Mn, de forma a fornecer 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme precedeu a análise de solo (EMBRAPA, 2010) e a quantidade informada pelo software NutriFert® (SFREDO e LAZZAROTTO, 2007).

Foi utilizada semente do cultivar BMX Potência RR®, hábito de crescimento indeterminado, ciclo semi-precoce, maturação com média de 140 dias, recomendado para Macroregião Sojícola 2 (Oeste do Paraná) e classe de maturação 6,7 (BRASMAX, 2011).

As sementes foram tratadas com os produtos: fungicida Derosal Plus[®] (*Benzimidazol e Dimetilditiocarbamato*) na dose de 2 mL kg⁻¹ sementes, inseticida Standak[®] (*Fipronil*) 1 mL kg⁻¹ semente e inoculante à base de turfa com estirpes do gênero *Rizobium* (2,5 mL kg⁻¹ sementes) (EMBRAPA, 2010).

Foram depositadas seis sementes por vaso e, após dez dias da emergência, foi realizado o desbaste, deixando duas plantas por vaso sendo considerada a unidade experimental (OLIVEIRA, Jr. et al., 2000; SERRA et al., 2011). Os vasos foram submetidos a rodízio periódico para evitar o efeito de localização na casa de vegetação (SKREBSKY et al., 2008).

Na preparação da calda do herbicida e fertilizante foliar, utilizou-se micropipeta volumétrica com regulagem mecânica para melhor exatidão da dosagem. Em todas as aplicações, foi utilizado equipamento de pulverização manual dotado de bomba elétrica, com volume conhecido e pressão constante (5,7 kgf cm²) e, barra com disposição simultânea de dois bicos espaçados em 40 cm.

A primeira aplicação dos tratamentos ocorreu em novembro de 2011, com as plantas de soja em estágio fenológico V4, sendo 33 dias após emergência (DAE). A segunda aplicação ocorreu em estágio fenológico V6, sendo 43 DAE. No interior dos vasos, houve um total controle da presença de plantas daninhas até o momento de colheita.

A altura da barra de aplicação em relação ao topo das plantas foi de 30 cm, com uso de pontas de pulverização de jato plano tipo leque (110/02). Foi aplicada calda de 200 mL numa área de 3 m², onde estavam dispostos os quatro vasos referentes a cada tratamento. As aplicações foram feitas com os vasos colocados do lado de fora da casa de vegetação. Após as aplicações dos produtos, os mesmos retornaram à casa de vegetação e foram irrigados apenas no dia seguinte (ZOBIOLE et al., 2010b).

Durante as aplicações dos tratamentos, foram aferidos dados climáticos do ambiente para garantir correta eficiência dos produtos (AZEVEDO e FREIRE, 2006). Utilizou-se para isso, equipamento de medição da temperatura (termômetro digital), umidade relativa do ar (higrômetro digital) e anemógrafo. Os dados obtidos durante as duas aplicações, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Dados do ambiente no momento da aplicação foliar dos tratamentos

Aplicação	Horário	UR (%)	T (°C)	Vento
1 ^a – 33 DAE	6:27 hs	86	15,0	1,3
2 ^a – 43 DAE	7:26 hs	81	22,6	0,3

UR= umidade relativa do ar. Vento em m s⁻¹. T= temperatura.

O tratamento adicional não recebeu aplicação de herbicida e fertilizante foliar e foi mantido livre de plantas daninhas. No momento da pulverização, os vasos do tratamento controle permaneceram dentro da casa de vegetação para não correr risco de deriva dos produtos químicos.

A irrigação dos vasos foi efetuada em razão da necessidade, mantendo-se em torno de 60% do volume total de poros preenchidos com água (BRESSAN, et al., 2001). Para controle da doença Oídio (*Microsphaera diffusa*) foi utilizado o fungicida Priori XTRA® (*Azoxistrobina + Ciproconazole*) na dose de 0,30 L ha⁻¹ (ANDREI, 2009).

2.5 Coleta e análise do tecido foliar

A coleta das folhas da soja foi realizada aos 50 DAE, no estágio fenológico R3 (início da formação do legume) com mais de 50% das plantas nesse estágio, coletando o quarto trifólio a partir do ápice, sendo o trifólio mais o pecíolo, num total de dois trifólios por vaso, conforme procedimentos descritos por (OLIVEIRA Jr. et al., 2000).

As folhas foram armazenadas em sacos de papel perfurados e levadas a estufa de circulação forçada de ar para secagem, a temperatura de 65 °C durante 48 h. Após esse período as mesmas foram moídas em um micro moinho de facas tipo Wiley (BASSO et al., 2011) e acondicionadas em sacos de polietileno limpos.

Para determinação dos nutrientes P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn, utilizou-se o método de digestão nitroperclórica (AOAC, 2005) e a determinação do K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn realizada por espectrometria de absorção atômica (EAA), modalidade chama (WELZ e SPERLING, 1999). O P foi determinado por meio de espectroscopia de ultravioleta-visível (UV-VIS). Para determinação do N, foi utilizado o método de digestão sulfúrica e destilação a vapor tipo Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995).

2.6 Colheita e avaliação dos componentes de produção

A colheita da soja ocorreu em fevereiro de 2012, aos 145 DAE, diante da maturação média ideal (BRASMAX, 2011), no estágio R8 (95% das vagens com coloração de madura) (FEHR e CAVIENESS, 1977). Foi realizada de forma manual recolhendo-se todas as plantas de cada vaso e foram avaliados os seguintes componentes de produção: número de legumes por planta, número de grãos por legume, massa de 100 grãos corrigidos a 13% de umidade (BRASIL, 1992) e massa total de grãos por planta.

O número de legumes por planta foi determinado por meio da coleta de todos os legumes das plantas de cada tratamento e sua contagem, o total foi dividido pelo número de plantas. O número de grãos por legume foi determinado debulhando os legumes e contando os grãos, posteriormente dividindo-se o número de grãos pelo número de legumes encontrado nas plantas. A massa de 100 grãos foi obtida com a determinação das amostras em balança analítica com cúpula de vidro, levando em consideração quatro casas decimais.

2.7 Análise estatística dos dados do experimento

Todos os dados obtidos experimentalmente passaram por testes de normalidade (Lilliefors e Bartlett), sendo considerados normais e, posteriormente submetidos ao teste F da análise de variância (ANOVA) a 1 e 5% de probabilidade. Variâncias residuais foram consideradas homogêneas, quando a taxa entre o maior e menor valor foi inferior a sete (PIMENTEL-GOMES, 1985).

As médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As doses de Mn foram submetidas à análise de regressão, escolhendo-se o modelo de ajuste dos dados pelo maior coeficiente de determinação e, principalmente, pela sua significância ($P < 0,01$ e $P < 0,05$) no teste F (Fisher) e teste t (Student) (PIMENTEL-GOMES, 2009). Os resultados foram gerados com auxílio do programa estatístico GENES[®] – VS 2009.7.0 (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do tecido foliar da soja RR

Os resultados da ANOVA, apresentados na Tabela 4, mostraram que para as variáveis P, K, Mg, Cu, Fe e Zn não ocorreram diferenças significativas ($P > 0,05$) para as fontes de variação estádio, dose, interação estádio versus dose e para o fatorial versus tratamento controle, demonstrando que as doses e épocas de aplicação não influenciaram estas variáveis.

Para as variáveis N e Ca, houve diferença significativa ($P < 0,01$) para a fonte de variação estádio ao nível de 1% de probabilidade. Já para a variável Mn, houve diferença significativa ($P < 0,05$), para as interações estádio versus dose, e fatorial versus tratamento controle a nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4. ANOVA para os macro e micronutrientes do tecido foliar da soja RR

F.V.	G.L.	Quadrados médios (macronutrientes)				
		N	P	K	Ca	Mg
BLOCO	3	0,71	0,34	1,37	22,63	0,27
TRATAMENTOS	[10]	28,29	0,12	6,57	16,97	0,18
FATORIAL	(9)	31,23	0,13	6,19	17,29	0,20
Estádio	1	142,54 **	0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}	74,64 **	0,03 ^{ns}
Dose	4	6,95 ^{ns}	0,13 ^{ns}	10,58 ^{ns}	13,01 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Estádio X dose	4	27,68 ^{ns}	0,16 ^{ns}	3,33 ^{ns}	7,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}
FAT. X CONTROLE	1	1,82 ^{ns}	0,04 ^{ns}	9,90 ^{ns}	14,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}
RESÍDUO	30	17,07	0,09	5,50	6,62	0,21
MÉDIA		26,80	2,17	16,55	19,49	2,99
CV%		15,45	13,48	14,29	13,08	15,53
F.V.	G.L.	Quadrados médios (micronutrientes)				
		Cu	Fe	Mn	Zn	
BLOCO	3	12,89	2.766,22	2.029,25	454,37	
TRATAMENTOS	[10]	6,03	5.777,84	2.973,27	267,31	
FATORIAL	(9)	6,03	6.006,20	2.567,78	245,85	
Estádio	1	7,62 ^{ns}	552,05 ^{ns}	696,72 ^{ns}	163,62 ^{ns}	
Dose	4	6,33 ^{ns}	9.524,31 ^{ns}	2.324,28 ^{ns}	287,19 ^{ns}	
Estádio X dose	4	5,33 ^{ns}	3.851,62 ^{ns}	3.279,06 *	225,06 ^{ns}	
FAT. X CONTROLE	1	6,04 ^{ns}	3.722,59 ^{ns}	6.622,69 *	460,51 ^{ns}	
RESÍDUO	30	3,31	5.136,76	961,77	123,39	
MÉDIA		4,51	238,99	109,88	67,99	
CV%		39,33	29,68	27,25	16,58	

F.V. - fonte de variação, G.L. - graus de liberdade, CV% - coeficiente de variação, ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (Fisher), * - significativo a 5% pelo teste F, ns - não significativo a 5% pelo teste F.

De modo geral, considerando que só houve aplicação de fertilizante com Mn, o mesmo não alterou a maioria dos outros elementos na planta. Trabalho semelhante foi observado por Serra et al. (2011), em que os níveis de Mn aplicados na soja RR (P98R31 RR) não proporcionaram efeito significativo na eficiência nutricional de N, Zn, Cu e Fe, prologando-se ainda para o número de nódulos, massa seca raiz, parte aérea total e o teor de nutrientes na planta.

Mesmo caso para Figueiredo et al. (2009), que trabalhou com estado nutricional da soja RR e convencional tratadas com glyphosate em solução nutritiva, e constatou que a nodulação e o acúmulo de macronutrientes não foram afetados na soja transgênica cultivar BRS Valiosa RR.

Já para Stefanello et al. (2011), no que compete ao herbicida, os micronutrientes Zn, Cu e Fe não foram alterados por ocasião da aplicação do glyphosate em duas áreas experimentais utilizadas com as cultivares de soja: Charrua RR e BRS 245 RR. Esses resultados condizem com os obtidos por Santos et al. (2007), no qual os tratamentos com aplicação foliar de Mn também não influenciaram os teores foliares de P, K, Zn e Cu por ocasião do florescimento das plantas de soja RR.

Vale salientar que no experimento em casa de vegetação, não foi observado injúrias visuais e/ou deficiências nutricionais nas folhas das plantas, uma vez explicado que os sintomas de amarelecimento gerados nas plantas de soja RR, dependem das doses de glyphosate utilizadas e tipo de manejo executado, sendo que as maiores concentrações do herbicida levam a maiores formações do metabólito secundário AMPA, que pode causar injúria às plantas (ZABLOTOWCZ e REDDY, 2007).

De acordo com Cakmak et al. (2009), a persistência desse sintoma clorótico na soja RR ainda depende da habilidade da planta de se recuperar pela absorção radicular dos elementos que foram imobilizados pelo glyphosate nos tecidos foliares. Nesse ponto vale ressaltar que a determinação de Mn no solo utilizado no experimento (Tabela 1), de $68,00 \text{ mg dm}^{-3}$, se enquadra na faixa Alto (EMBRAPA, 2010), não indicando deficiência no solo deste elemento.

Foi realizado o teste das médias para as fontes de variação: estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle, para todas as variáveis analisadas do tecido foliar, e seus resultados estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Médias dos teores foliares da soja RR, nas fontes de variação estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle para os macronutrientes e micronutrientes

ESTÁDIOS	N		P		K		Ca		Mg	
	-----g kg ⁻¹ -----									
V4	24,85 b		2,17		16,44		21,03 a		2,97	
V6	28,62 a		2,19		16,36		18,30 b		2,99	
F·Estádio	8,36 **		0,06 ^{ns}		0,01 ^{ns}		11,28 **		0,01 ^{ns}	
D.M.S	2,66		0,19		1,51		1,66		0,29	
ESTÁDIOS X DOSE	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6
0,00	27,21	27,46	2,23	1,81	16,01	13,95	22,40	16,99	3,03	2,57
56,75	24,36	25,85	2,24	2,31	15,15	15,89	21,57	21,11	3,06	3,27
113,50	26,16	27,72	2,14	2,44	16,48	17,12	20,75	19,29	3,00	3,14
170,25	22,85	31,14	2,27	2,19	18,22	17,51	21,19	17,78	2,90	3,27
227,00	23,67	30,96	1,94	2,18	16,35	17,33	19,24	16,32	2,89	2,72
F·Estádio X Dose	1,62 ^{ns}		1,90 ^{ns}		0,61 ^{ns}		1,09 ^{ns}		1,01 ^{ns}	
FATORIAL X CONTROLE										
Fatorial	26,73		2,17		16,40		19,66		2,98	
Controle	27,44		2,07		18,05		17,70		2,99	
F·Fatorial X Controle	0,11 ^{ns}		0,46 ^{ns}		1,01 ^{ns}		2,13 ^{ns}		0,02 ^{ns}	
MÉDIA	26,80		2,17		16,55		19,49		2,99	
ESTÁDIOS	Cu		Fe		Mn		Zn			
-----mg kg ⁻¹ -----										
V4	5,06		245,62		117,94		68,99			
V6	4,19		238,19		109,59		64,95			
F·Estádio	2,29 ^{ns}		0,11 ^{ns}		0,72 ^{ns}		1,33 ^{ns}			
D.M.S	1,54		46,31		20,04		7,18			
ESTÁDIOS X DOSE	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6
0,00	5,10	4,63	257,44	218,87	148,20 A	77,05 B	69,76	61,86		
56,75	5,05	6,12	237,30	305,95	114,96 A	132,96 A	63,66	76,57		
113,50	6,73	3,30	252,53	219,27	110,51 A	142,80 A	72,49	56,37		
170,25	5,00	3,92	286,49	262,55	131,74 A	109,90 A	77,87	72,48		
227,00	3,43	2,98	194,34	184,30	84,29 A	85,24 A	61,19	57,45		
F·Estádio X Dose	1,60 ^{ns}		0,75 ^{ns}		3,41 [*]		1,82 ^{ns}			
FATORIAL X CONTROLE										
Fatorial	4,63		241,90		113,77 a		66,97			
Controle	3,34		209,91		71,09 b		78,22			
F·Fatorial X Controle	1,82 ^{ns}		0,72 ^{ns}		6,88 [*]		3,73 ^{ns}			
MÉDIA	4,51		238,99		109,88		67,99			

Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical não diferem entre si para Estádios. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si para Estádios X Dose, ns - não significativo, ** - significativo a 1 % de probabilidade pelo Teste F (Fischer). * - significativo a 5 % de probabilidade pelo Teste F. Aplicado teste de Tukey a 5% de probabilidade para todas as médias, D.M.S. – diferença mínima significativa.

Observa-se que para o N, a melhor média comparada foi com a aplicação de fertilizante foliar no estádio V6, em relação ao V4 que obteve média inferior. Já a resposta do Ca foi diferente, sendo a melhor média absoluta para o estádio V4 e a menor para o V6. Possível explicação tem a ver com a velocidade de deslocação, acúmulo ou translocação dos elementos, em que as taxas do Ca é menor em relação ao N e, ainda nesse ponto, o N age diretamente com o Mn; já o Ca não tem considerável influência positiva com a aplicação desse elemento (VITTI e TREVIZAN, 2000).

Já houve relatos que a calagem diminui a disponibilidade dos cátions metálicos como o Mn^{2+} (BARTLETT, 1988); também Veloso et al. (1995) em seu trabalho de influência do Mn na nutrição mineral, evidenciou que o excesso de Mn reduziu o desenvolvimento das plantas e a absorção de Ca, sendo assim, pode-se aliar essas informações ao fato que as plantas de soja foram condicionadas a pequeno volume de solo, dentro dos vasos do experimento, essa condição estressante poderia ter influenciado os resultados para o Ca em relação a aplicação de Mn.

Outro fator que possa ter favorecido a aplicação no estádio V6, está em sua maior massa foliar e meristemas de crescimento já que, sabe-se que os elementos móveis como o N, provocam inicialmente sintomas nas partes mais velhas da planta, enquanto os parcialmente imóveis como o Ca provocam sintomas nas partes novas da planta (MALAVOLTA et al., 1997), tem-se aí possível explicação para os estádios mais avançados favorecerem o N.

Ainda nesse sentido, alguns autores consideram que leve intoxicação de Mn possa reduzir o Ca, baseado no fato de que o Mn é absorvido como Mn^{+2} e transportado pelo xilema até a parte aérea, onde compete e reduz a absorção de outros elementos, principalmente a de Ca^{+2} , Mg^{+2} e Fe^{+2} , conseqüentemente, a deficiência de Ca é um dos efeitos da toxicidade de Mn (MUKHOPADHYAY e SHARMA, 1991).

No que se refere ao N, na soja em condições de campo, a fixação simbiótica de maneira mais ativa começa próximo aos estádios V2 e V3 (IPNI, 2012), nos quais a infecção das raízes pelas bactérias fixadoras de N já está iniciando (FIGUEIREDO et al., 2009). Essas afirmações podem explicar os melhores resultados da aplicação no estádio V6, já que tanto o N como o Mg são elementos móveis que fazem parte da molécula de clorofila, indispensável à fotossíntese (MARSCHNER, 1995).

Ao desdobrar a interação fatorial versus tratamento controle para o elemento Mn (Tabela 5), constata-se que a aplicação de fertilizante foliar manejada com glyphosate, influenciou nos teores do elemento Mn nas plantas, evidenciando que o tratamento controle teve média inferior em relação ao fatorial, tendo seu teor de Mn foliar menor.

O fato de que o fertilizante com Mn aplicado no solo, onde é pouco móvel na planta, é menos eficiente que comparado a foliar (MANN et al., 2001) e que Serra et al. (2011), já havia mostrado que a aplicação no solo não trouxe influência na resposta das plantas com relação aos níveis de Mn utilizados. O experimento evidenciou que a adubação nas dosagens de Mn aplicadas, pode ser realizada comumente com o glyphosate quando se almeja elevar os teores de Mn na folha da soja BMX Potência RR.

O desdobramento da análise de regressão, para os teores foliares de Mn, da interação entre as doses de fertilizante em função dos estádios de aplicação, mostrou diferença significativa ($P < 0,05$) para V4 com efeito linear e ($P < 0,01$) para V6 com efeito quadrático (Figura 1).

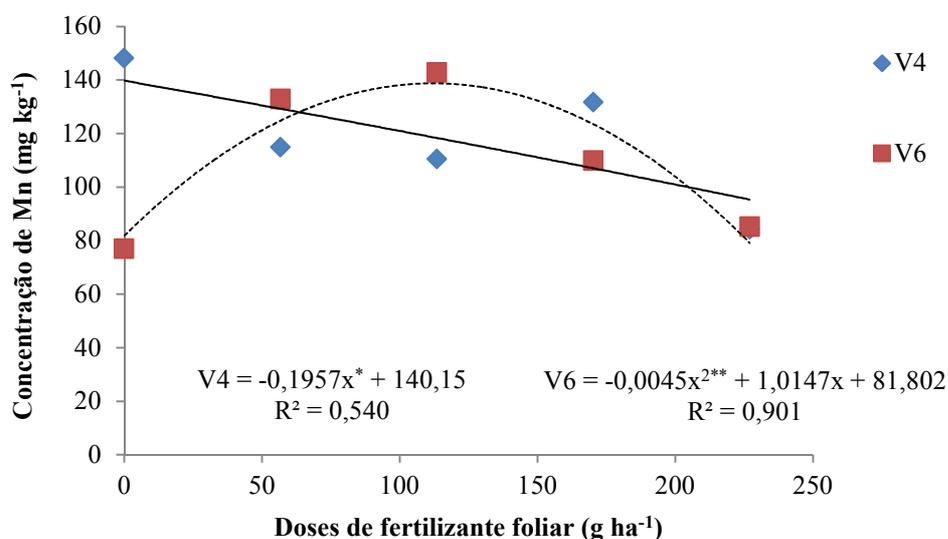


Figura 1. Concentração de Mn no tecido foliar em relação às doses de fertilizante para cada estágio de aplicação. * - significativo a 5% pelo teste t, ** significativo a 1% pelo teste t.

No que se refere ao estágio fenológico V4, para a aplicação de fertilizante com Mn, observa-se que, com o aumento das doses, houve redução linear dos teores foliares na soja RR e que, quando se toma por referência o tratamento 0,00 g ha⁻¹ de Mn (Figura 1), observa-se que foi encontrado maior valor absoluto de teor foliar (140,15 mg kg⁻¹).

Segundo Zobiolo et al. (2010a), existem evidências da existência do conceito de nível de suficiência, em que existem níveis definidos para os nutrientes individuais, na qual as plantas absorvem. Segundo esse conceito, abaixo desse nível as plantas responderão aos fertilizantes adicionados, e acima, provavelmente não responderá (ECKERT, 1987).

É possível que esse conceito seja válido para explicação do fato dessa queda nos teores de Mn foliar, com o uso do fertilizante no estágio V4. Também pesquisas apontam que com o acréscimo de minerais na folha, as raízes podem absorver e armazenar o Mn no vacúolo da célula, sendo esse mecanismo uma reação de proteção para as plantas, sob condições de alta concentração de Mn no meio (LAVRES Jr. et al., 2008).

Aliado a ponte relevante ao caso, em que a aplicação de Mn em V4 (33 DAE), os trifólios da soja interceptada pelo fertilizante foliar, não estavam mais presentes na planta no estágio R2, momento da coleta para análise foliar e, salientando que o elemento é pouco móvel na planta (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006), pode ser a possível explicação de que a aplicação em V4 pode ter reduzido a disponibilidade de Mn quando comparada ao estágio V6, que ainda possuíam os trifólios que foram interceptados pelos produtos dos tratamentos.

Aliado à característica de o glyphosate ser altamente sistêmico na planta, sendo translocado até as raízes (YAMADA e CASTRO, 2007). Uma possível explicação para essa redução de nutrientes no estágio V4, em relação ao V6, poderia ser a formação do ácido AMPA na planta, que é um composto secundário originado da degradação do herbicida, já citado como mais tóxico que o próprio herbicida (PLINE et al., 1999; DUKE et al., 2003). Assim, na pouca área foliar das plantas, o herbicida poderia ter formado além do AMPA, outros quelatos que levariam a uma interação negativa com o nutriente (REDDY et al., 2004), devido a maior concentração numa planta de massa menor.

Na Figura 1 pode se observar que no estágio V6 ocorre aumento nas concentrações foliares de Mn até ponto de máxima, com a dose 112,24 g ha⁻¹ de fertilizante foliar comercial, que corresponde à concentração foliar de 138,74 mg kg⁻¹ de Mn e, ocorre com o aumento da dose, a partir desse ponto, queda gradual nas concentrações foliares, sendo considerado esse ponto de máxima a dose crítica para recomendação desse fertilizante no solo utilizado no experimento.

O comportamento quadrático nos resultados do estágio V6, em que as aplicações resultaram em queda com o aumento da dose a partir do ponto de máxima. Esses dados podem ser explicados pela ocorrência de maior concentração de Mn no tecido foliar,

provocando fitotoxicidade, que pode ser evidenciada por meio do sintoma de necrose e encarquilhamento das folhas, acarretando provavelmente a redução da taxa fotossintética e, conseqüentemente, menor aproveitamento do elemento, concordando com os resultados obtidos por Oliveira Jr. et al. (2000) e Mann et al., (2001).

Trabalhos realizados nos EUA, entretanto, mostram que alguns cultivares de soja RR, apresentam injúrias após aplicação do glyphosate (ZABLOTOWICZ e REDDY, 2007). No Brasil e na região centro-norte dos Estados Unidos, aplicações frequentes de glyphosate têm levado ao surgimento de deficiências de Fe, Zn e Mn na soja RR (HUBER, 2006; JOHAL e HUBER, 2009), possivelmente em função do limitado período de tempo que esse cultivar dispõe para recuperar-se, uma vez que se usam variedades que pertence ao grupo de maturação precoce; já a cultivar do experimento pertence ao grupo médio, tendo tempo hábil para se recuperar e, é considerada variedade adaptada às condições do Paraná - BR.

3.2 Componentes de produção da soja RR

Os resultados da ANOVA são apresentados na Tabela 6 e verifica-se que para todas as variáveis: NLP (número de legumes por planta), NGL (número de grãos por legume), M100 (massa de 100 grãos) e MPLA (massa total por planta), não ocorreram diferenças significativas ($P>0,05$) para as fontes de variação: estágio, dose, interação estágio versus dose e para o fatorial versus o tratamento controle; demonstrando que as doses e épocas de aplicação do fertilizante com Mn, não influenciaram estas variáveis.

Tabela 6. ANOVA para os componentes de produção da soja RR

F.V.	G.L.	Quadrados médios			
		NLP	NGL	M100	MPLA
BLOCO	3	109,42	0,02	12,53	18,49
TRATAMENTOS	[10]	91,25	0,05	22,98	23,50
FATORIAL	(9)	101,30	0,04	25,21	26,12
Estádio	1	21,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	91,83 ^{ns}	47,56 ^{ns}
Dose	4	64,77 ^{ns}	0,08 ^{ns}	20,99 ^{ns}	17,04 ^{ns}
Estádio X Dose	4	157,9 ^{ns}	0,01 ^{ns}	12,77 ^{ns}	29,83 ^{ns}
FAT. X CONTROLE	1	0,82 ^{ns}	0,07 ^{ns}	2,917 ^{ns}	0,026 ^{ns}
RESÍDUO	30	60,69	0,05	27,14	21,00
MÉDIA		37,68	2,1	16,40	12,93
CV (%)		20,65	10,97	31,6	35,45

F.V. - fonte de variação, G.L. - graus de liberdade, CV - coeficiente de variação, NLP - número de legumes por planta, NGL - número de grãos por legume, M100 - massa de 100 grãos, MPLA - massa total por planta. ns - não significativo a 5% pelo Teste F (Fischer).

Mesmo com as alterações no tecido foliar do N, percebe-se que o fertilizante e o glyphosate não alteraram a produção de grãos da soja RR. Resultado encontrado por Bellaloui et al. (2008), no qual a aplicação de glyphosate nos estádios vegetativos e no início do ciclo reprodutivo da soja não afetou a produção, explicando um efeito positivo na assimilação do N.

Os componentes de produção não foram influenciados pela aplicação foliar de fertilizante com Mn ou pela aplicação de glyphosate em pós-emergência da soja RR. Experimentos conduzidos por Bailey et al. (2002) entre a interação de glyphosate com Mn em mistura na calda de pulverização, não registraram influência de ambos sobre a produtividade de grãos na cultivar transgênica. Mesmo ocorreu com Foloni et al. (2005), que não detectaram efeito do glyphosate aplicado em pós-emergência, tanto em uma única aplicação como em aplicações sequenciais, na produtividade de grãos da soja RR cultivar Soy 8888-RR.

No experimento na casa de vegetação, não foi possível identificar nenhum fator relacionado com o glyphosate e o fertilizante foliar, que ocasionasse percalços nas plantas da soja RR e que pudessem a vir reduzir os componentes de produção, o que é esperado: a seletividade deste herbicida em relação à soja BMX Potência RR.

Também a afirmação de que a produtividade agrícola pode ser limitada pela deficiência de micronutrientes (GONÇALVES Jr. et al., 2006), e a constatação de não ocorrência desse fato no experimento, leva a condizer que não houve desbalanço nutricional na referida soja RR a ponto de limitar a produtividade.

Em complementação, o teste de médias com todas as variáveis avaliadas, para as fontes de variação: estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle, está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados dos testes de médias para as fontes de variação estádios, estádios versus dose e fatorial versus tratamento controle para os componentes de produção da soja RR

ESTÁDIOS	NLP		NGL		M100		MPLA	
	----- n -----				----- g -----			
V4	37,00		2,06		14,97		11,84	
V6	38,45		2,11		18,00		14,02	
F. Estádio	0,35 ^{ns}		0,39 ^{ns}		3,38 ^{ns}		2,26 ^{ns}	
D.M.S	5,03		0,15		3,37		2,96	
ESTÁDIOS X DOSE	V4	V6	V4	V6	V4	V6	V4	V6
0,00	40,75	36,37	2,1	2,2	16,18	21,54	13,60	16,13
56,75	27,75	43,25	2,0	2,0	14,94	18,87	11,19	15,23
113,50	42,00	39,75	2,2	2,1	16,62	16,09	15,09	11,50
170,25	37,25	30,50	2,1	2,1	13,73	15,10	10,32	11,39
227,00	37,12	41,12	1,9	1,9	13,37	18,39	8,99	15,83
F. Estádio X Dose	2,60 ^{ns}		0,28 ^{ns}		0,47 ^{ns}		1,42 ^{ns}	
FATORIAL X CONTROLE								
Fatorial	37,72		2,09		16,49		12,93	
Controle	37,25		2,22		15,59		13,01	
F. Fatorial X Controle	0,01 ^{ns}		1,72 ^{ns}		0,11 ^{ns}		0,01 ^{ns}	
MÉDIA	37,68		2,1		16,40		12,93	

ns - não significativo pelo Teste F (Fischer). Aplicado teste de Tukey a 5% de probabilidade para todas as médias, D.M.S. – diferença mínima significativa. n – número de contagem.

Os resultados conflitantes relacionados à redução de produtividade de grãos de soja RR, não têm sido consistentes, mesmo sendo observadas alterações no metabolismo do N (KING et al., 2001; BELLALOUÏ et al., 2008) ou do Mn (GORDON, 2007). Vale ressaltar que o Mn desempenha importante função no metabolismo do N, especialmente na redução sequencial do nitrato (HEENAN e CAMPBELL, 1980), comprovando a estreita relação entre os elementos.

Mesmo havendo disponibilidade Mn no tecido foliar com os tratamentos (Tabela 5), era de esperar alguma alteração no comportamento produtivo da cultivar. O fato contrário disso pode ser explicado pela teoria do ‘consumo de luxo’, em que a planta pode absorver o nutriente aplicado, mas não responde em crescimento, ocorrendo aumento de seu teor nos tecidos da planta (TRINDADE, 2000).

A cultivar RR desse experimento, mesmo recebendo aplicação de glyphosate, foi eficiente na nutrição e absorção dos nutrientes contemplando o Mn e pode-se aferir, nesse caso, que não houve alteração no transporte do elemento, que, teoricamente poderia ter sido

imobilizado pela formação de complexos entre o glyphosate e o micronutriente, conforme relatado por Eker et al. (2006) e Neumann et al. (2006).

Andrade e Rosolem (2011) obtiveram resultados relevantes em casa de vegetação, em que a soja RR (Valiosa RR), recebendo aplicação de glyphosate, teve redução da massa seca de raiz e mesmo assim supriu adequadamente com Mn as demais partes da planta, sem prejudicar a massa de matéria seca total. Esse fato pode estar relacionado com a plasticidade fenotípica que a soja apresenta, no qual consiste na capacidade que a planta possui em alterar sua morfologia e componentes da produção, para se adequar às condições em que está exposta (RAMBO et al., 2003).

4 CONCLUSÕES

A aplicação do fertilizante com Mn em pós-emergência influenciou o teor foliar dos macronutrientes N e Ca e do micronutriente Mn.

A presença do fertilizante foliar no estágio V4 diminuiu os teores de N e elevou os de Ca; em relação ao estágio V6 que teve resultado inverso, com aumento do N e a redução do Ca foliar, sendo a dose de 112,24 g ha⁻¹ de fertilizante comercial com Mn no estágio V6, o ponto crítico para esse elemento foliar no tipo de solo avaliado.

A fertilização foliar com Mn aplicado concomitantemente ao glyphosate não proporcionou incrementos nos componentes de produtividade da soja RR em ambas as doses e estádios de aplicação.

5 REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; GABRIELLI, G. C. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. SBCS: Viçosa, 2007. p. 737-768.
- ANDRADE, G. J. M.; ROSOLEM, C. A. Absorção de manganês em soja RR sob efeito do glifosate. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 961-968, mai/jun. 2011.
- ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 8 ed., São Paulo: Organização Andrei, 2009. 1380 p.
- AOAC - Association of official analytical chemists. **Official methods of analysis**. 18 ed. Gaithersburg: AOAC, 2005. 300 p.
- ARIAS, C. A. A. Potencial genético da soja: progressos e limitações para alta produtividade. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; Brazilian Soybean Congress, n. 3, 2004, Foz do Iguaçu, **Proceedings**, Embrapa-Cnpsoja, 2004, p. 1263-1268.
- AZEVEDO, F. R.; FREIRE, F. C. O. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical (Documentos, n. 102, ISSN 1677-1915), dez. 2006. 47 p.
- BAILEY, W. A. et al. Glyphosate interactions with manganese. **Weed Technology**, Lawrence, v. 16, n. 4, p. 792-799, 2002.
- BARTLETT, R. J. Manganese redox reactions and organic interaction in soils. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Eds.). **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 59-73.
- BASSO, J. C. et al. Aplicação foliar de manganês em soja transgênica tolerante ao glyphosate. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p. 1726-1731, out. 2011.
- BELLALOUI, N. et al. Nitrogen metabolism and seed composition as influenced by glyphosate application in glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 8, p. 2765-2772, mar. 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Instrução normativa nº 02 de 09 de outubro de 2008. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 de out. de 2008.
- BRASMAX. **Descrição da cultivar BMX Potência RR**. Disponível em: <<http://www.brasmaxgenetica.com.br/producto.php?id=13&r=S>>. Acesso em 10 nov. 2011.

BRESSAN, W. et al. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 315-323, fev. 2001.

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**, v. 31, n. 1, p. 114-119, 2009.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa, 2006. 382 p.

DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. **Mineral nutrition and plant disease**. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 2007. 278 p.

DUKE, S. O. et al. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosatedreated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 1, p. 340-344, 2003.

ECKERT, D. J. Soil test interpretations: Basic cation saturation ratios and sufficiency levels. In: BROWN, J. R. **Soil testing: sampling, correlation, calibration, and interpretation**. Madison: SSSA Spec. Publ, n. 21, 1987. p. 53-64.

EKER, S. et al. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 26, p. 10019-10025, ago. 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2ª edição, 2006. 306 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja, região central do Brasil, 2011**. Londrina: Embrapa Soja Sistemas de Produção, n.14, 2010. 255 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA SOJA -. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja, região central do Brasil 2012 e 2013**. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902; n.15). Londrina, 2011. 261 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. (Special Report, 80), Ames: Iowa State University, 1977. 12 p.

FERRI, M.; VIDAL, R. Controle de plantas daninhas com herbicidas cloroacetamidas em sistemas convencional e de semeadura direta. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 131-136, jan./abr. 2003.

FEY, R. et al. Crescimento inicial de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses crescentes de superfosfato simples. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 347-353, jul./ago./set. 2010.

FIGUEIREDO, L. A. et al. Estado nutricional de soja transgênica e convencional tratadas com glifosato em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 19-27, jan./abr. 2009.

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

FRANCHINI, J. C. et al. Alterações na nutrição mineral da soja induzidas por transgenia e manejo com herbicidas. In: **XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil** (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X, n.304), v. 30, p. 296-298, 2008.

GAZZIEIRO, D. L. P.; ADEGAS, F.; VOLL, E. **Glifosato e a soja transgênica**. Circular técnica 60, ISSN 1516-7860, Londrina: Embrapa Soja, set. 2008. 4 p.

GONÇALVES Jr., A. C.; PESSOA, A. C. S. Fitodisponibilidade de Cádmio, Chumbo e Crômio, em soja cultivada em argilossolo vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 19-23. 2002.

GONÇALVES Jr. et al. Avaliação de extratores e fitodisponibilidade de zinco para cultura do milho em Latossolo Vermelho eutrófico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 7-12, jan./mar. 2006.

GORDON, B. Adubação com manganês em soja convencional e soja resistente ao glifosato. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba: IPNI - International Plant Nutrition Institute, v. 117, p. 6-7, mar. 2007.

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

GRESSHOFF, P. M. Plant function in nodulation and nitrogen fixation in legumes. In: PALACIOS, R.; MORA, J.; NEWTON, W. E., (Eds.). **New horizons in nitrogen fixation**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 31-42.

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

HUBER, D. M. Strategies to ameliorate glyphosate immobilization of manganese and its impact on the rhizosphere and disease. In: LORENZ, N.; DICK, R. **Proceedings of the Glyphosate Potassium Symposium 2006**. DeWitt: Ohio State University, 2006.

IAPAR, Instituto Agrônomico do Paraná. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina, Circular 76, 1992, 40 p.

IAPAR, Instituto Agrônomico do Paraná. **Agrometeorologia**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=667>>. Acesso em 7 dez. 2011.

IPNI - International Plant Nutrition Institute – Brasil. **Estádios Vegetativos e Desenvolvimento**. Disponível em: <[http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/\\$FILE/Sojanovo6-8.pdf](http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/$FILE/Sojanovo6-8.pdf)>. Acesso em 14 nov. 2012.

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

KING, C. A.; PURCEL, 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, n. 1, p. 179-186, jan. 2001.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 390 p.

LAVRES Jr. et al. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1. p. 173-181, jan./fev. 2008.

LIMA, W. F. et al. Interação genótipo-ambiente de soja convencional e transgênica resistente a glifosato, no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 6, p. 729-736, jun. 2008.

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

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

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: IPNI – International Plant Nutrition Institute, n. 121, p. 1-10, mar. 2008.

MANN, E. N. et al. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 264-273, mar./abr. 2001.

MANN, E. N. et al. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, dez. 2002.

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

MELARATO, M. et al. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 1069-1071, 2002.

MENDELSON, J. Round up: The World's biggest-selling herbicide. **The Ecologist**, v. 28, n. 5, p. 270-275, set./out. 1998.

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

NEUMANN, G. et al. Relevance of glifosate transfer to non-target plants via rhizosphere. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 118, p. 936-969, 2006.

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

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 11. ed. São Paulo: Nobel, 1985. 466 p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

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

PROCÓPIO, S. O. et al. Efeitos de dessecantes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 193-197, 2006.

RAMBO, L. et al. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

REDDY, K. N.; HOAGLAND, R. E.; ZABLOTOWICZ, R. M. Effect of glyphosate on growth, chlorophyll content and nodulation in glyphosate-resistant soybeans (*Glycine max*) varieties. **Journal of New Seeds**, v. 2, n. 3, p. 37-52, jan. 2000.

REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 16, p. 5139-5143, 2004.

SANTOS, J. B. et al. Efeito de formulações na absorção e translocação do glyphosate em soja transgênica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 381-388, 2007.

SERRA, A. P. et al. Influencia do glifosato na eficiência nutricional do nitrogênio, manganês, ferro, cobre e zinco em soja resistente ao glifosato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, p. 77-84, jan. 2011.

SFREDO, G. J.; LAZZAROTTO, J. J. **NutriFert - Uso da informática para adubação e nutrição da soja**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja. Documentos n. 289. ISSN 1516-781X. Londrina, jul. 2007.

SILVA, I. L. S. S. et al. Efeito de nutrientes combinados com indutores de resistência na proteção contra a vassoura-de-bruxa no cacauzeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 61-67, jan./fev. 2008.

SKREBSKY, E. C. et al. Caracterização das exigências nutricionais de mudas de *Pfaffia glomerata* em Argissolo Vermelho distrófico arênico pela técnica do nutriente faltante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 989-996, jul. 2008.

STAUT, L. A. **Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja**. Disponível em <<http://www.cpao.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo5.html>>. Acesso em 20 jul. 2009.

STEFANELLO, F. F. et al. Efeito de glifosato e manganês na nutrição e produtividade da soja transgênica. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 1007-1014, jul./set. 2011.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Boletim Técnico n. 5, 2ª edição, 1995. 174 p.

TRINDADE, A. V. Uso de esterco no desenvolvimento de mudas de mamoeiro colonizadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1389-1394, jul. 2000.

VELOSO, C. A. C. et al. Influência do manganês sobre a nutrição mineral e crescimento da pimenteira do reino (*Piper nigrum*, L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 376-383, mai./ago. 1995.

VITTI, C. G.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja. **Informações Agronômicas**: Potafos, Piracicaba, n. 90, p. 1-20. jun. 2000.

WELZ, B; SPERLING, M. **Atomic Absorption Spectrometry**. 3ª ed, Willey-VHC, Weinheim. 1999. 941 p.

YAMADA, T.; CASTRO, P. R. C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. IPNI - International Plant Nutrition Institute, Piracicaba: **Informações Agronômicas**, Boletim Técnico n. 119, 2007. 24 p.

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

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 370-376, 2007.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA Jr. R. S de. Interações fisiológicas entre glifosato e complexos metálicos. In: SARAIVA, O. F.; LEITE, R. M. V. B. de C.; CASTRO, C. de. Londrina: Embrapa Soja, **Ata da XXX Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**, (Documentos, n. 310, ISSN 1516-781X), p. 101-109, mai. 2009.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Glyphosate reduces shoot concentration of mineral nutrients in glyphosate resistant soybeans. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 328, n. 1, p. 57-69, 2010a.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Uso de aminoácido exógeno na prevenção de injúrias causadas por glyphosate na soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 643-653, 2010b.

CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

É de conhecimento de todos que a soja geneticamente modificada para a resistência ao glyphosate significou evolução técnica, mas para que o máximo proveito possa ser obtido é preciso saber utilizá-la como tal, pois este sistema já é amplamente divulgado e relativamente fácil de seguir, mas mantê-lo funcionando ao longo do tempo, como tecnologia ou modo de atividade como lavoura agrícola, é totalmente diferente.

A agricultura nacional há muito tempo promulga o uso de insumos em quantidades adequadas, de modo a atender a critérios econômicos e, ao mesmo tempo, conservar o solo possibilitando manter ou elevar a produtividade das lavouras, ou ir ainda mais longe, preservando o meio ambiente para não comprometer os recursos naturais das gerações futuras.

Baseado nesses argumentos e a questão levantada das injúrias que o glyphosate causa na soja RR, sendo a deficiência de Mn seu principal dano colateral, é necessária investigação na área de condução dessa espécie. Em outras palavras, essa descoloração foliar pode ser utilizada como um sinal ou ‘alarme indicador’ de que algo está errado com essa planta e não por si só uma deficiência que exigiria gasto de insumos. Portanto, esses fatos podem ser considerados controversos, perante solos com boa fertilidade e manejos corretos.

Não se pode fechar os olhos para as diversas formas de desrespeito ao agricultor, desde informação errada, omissão de parte da verdade e a propaganda para distorcer a realidade a fim de atender a interesses particulares de grandes empresas, que pondera as possíveis injúrias do glyphosate como a ‘crônica de uma crise anunciada’ sem solução.

Nos experimentos montados, comprovou-se que a preocupação com a fertilidade do solo, balanço nutricional, dose e manejo correto do herbicida, confere resultados positivos, causando distorção do próprio enfoque do tema. O grande alvo agora passa a ser a divulgação para os agricultores, em sua grande maioria, que não alcançam ou não buscam informações técnicas nas bases científicas, creditando aos meios de comercialização o trabalho de lhes informar.

Neste trabalho estão reunidos dados que levam a essa perspectiva, no qual conhecimentos técnicos agrônômicos não podem ser deixados de lado e devem estar engajados em garantir a rentabilidade de produtores, preservar a fertilidade dos solos e manter o agroecossistema equilibrado, não soando como falso moralismo, mas sim com sensatez.