

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

INTERAÇÃO ENTRE GLIFOSATO, FERRO E MANGANÊS EM
CULTIVARES DE SOJA TRANSGÊNICA E LINHAS ISOGÊNICAS
PRÓXIMAS

Juliano Fuhrmann Wagner
Engenheiro Agrônomo/UNIJUÍ

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Ênfase em Fisiologia e Manejo Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Julho de 2012

CIP - Catalogação na Publicação

FUHRMANN WAGNER, JULIANO
INTERAÇÃO ENTRE GLIFOSATO, FERRO E MANGANÊS EM
CULTIVARES DE SOJA TRANSGÊNICA E LINHAS ISOGÊNICAS
PRÓXIMAS / JULIANO FUHRMANN WAGNER. -- 2012.
140 f.

Orientador: ALDO MEROTTO JR..

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2012.

1. FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA. 2. SOJA ROUNDUP
READY. 3. MICRONUTRIENTES. I. MEROTTO JR., ALDO,
orient. II. Título.

JULIANO FUHRMANN WAGNER
Engenheiro Agrônomo - UNIJUÍ

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

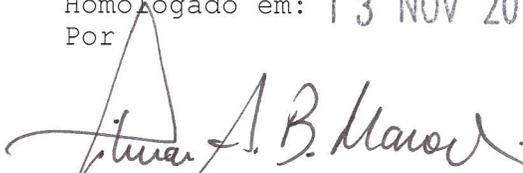
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 30.07.2012
Pela Banca Examinadora



ALDO MEROTTO JUNIOR
Orientador - PPG Fitotecnia

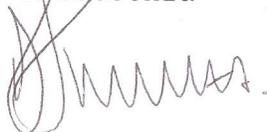
Homologado em: 13 NOV 2012
Por



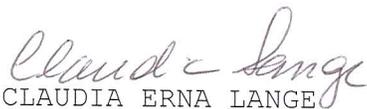
GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia



CHRISTIAN BREDEMEIER
PPG Fitotecnia



ANDRÉ LUIS THOMAS
PPG Fitotecnia



CLAUDIA ERNA LANGE
IRGA



PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

DEDICO

Aos meus pais
Valmir e Sirlei, ao meu
irmão Gustavo pelo
apoio incondicional e a
Prof. Marisa Azzolini
(*in memoriam*).

“O saber a gente
aprende com os mestres
e os livros. A sabedoria
se aprende com a vida e
com os humildes.”

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

Ao findar esta importante etapa em minha carreira profissional, gostaria de prestar alguns agradecimentos para as pessoas que auxiliaram na minha formação.

À Deus, por ter me conduzido aos melhores caminhos.

Quero agradecer primeiramente ao professor Aldo Merotto Jr pela dedicação na minha orientação, pela sua paciência, coerência, clareza e dedicação em seus ensinamentos sempre disposto a atender minhas necessidades e dúvidas, pela confiança em mim depositada quando se dispôs a ser meu orientador no momento em que tivemos a perda da Prof. Marisa e agradeço também pela amizade.

À minha família, meus pais Sirlei Alma Fuhrmann Wagner e Valmir José Wagner por minha educação, exemplo e apoio em mais esta etapa da minha vida e ao meu irmão Gustavo Fuhrmann Wagner que por muitas vezes me substituiu no meu papel de filho mais velho. Agradeço também aos demais familiares Avós, Tios, Tias, Primos e Primas que sempre me apoiaram.

Aos professores André Luis Thomas e Christian Bredemeier pelos ensinamentos tanto nas disciplinas cursadas como nos momentos de conversa na sala dos alunos, onde as conversas eram as mais variadas possíveis. Quero agradecer também pela amizade que será levada comigo para sempre.

Ao Prof. Marcelo Teixeira Pacheco pela ajuda nas análises estatísticas e aos demais professores do Departamento de Plantas de Lavoura Ribas A. Vidal, Luiz Carlos Federizzi, Carla Andrea Delatorre e Paulo Regis Ferreira da Silva.

Em especial, quero agradecer a Prof. Marisa Azzolini (*in memoriam*) que mesmo tendo convivido pouco tempo, foi uma pessoa que para mim foi um exemplo de vida e força de vontade diante das dificuldades que enfrentou.

Aos colegas e, mais que isso, amigos Danielle Almeida e Clever Variani pelo carinho e disposição nos momentos de conversa tanto profissional quanto pessoal no qual me deram muitos conselhos e estiveram do meu lado nos momentos de maior dificuldade com palavras de conforto e principalmente pela amizade. Aos

demais colegas, Catarine Markus, Felipe O. Matzenbacher, Guilherme Menegati, Taiguer Cerutti, Silmara Correia, Augusto Kalsing, Michael S. Serpa, Ana Paula F. Valentini, Thanise Füller e Adriana Figueiró pela amizade e momentos de descontração.

Aos demais colegas alunos de mestrado e doutorado do Departamento de Plantas de Lavouras pela amizade e momentos de descontração.

Aos funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura Maria Alice Weber, Karina Pieretti, Fábio Martins Berndt, José Miguel dos Santos Lenzi, Paulo Vinicius de Lima, Adriano Hull da Fonseca e Adroaldo Voltaire de Paula pela competência, ajuda e amizade.

Aos bolsistas de iniciação científica Valmir Kupas, André M. Leguisamo, Cátia Meneguzzi, Júlia Perin, José Ari Nenê Barcelos e Angélica T. Gobatto pelo auxílio na condução e execução dos experimentos.

Aos colegas de apartamento Emerson Pereira, Rickiel Franklin, Leandro Hahn e Diovani Antonow pela amizade e pelos momentos de descontração, conversas sobre estatística, solos, forrageiras, plantas de lavoura e futebol.

Às pessoas que contribuíram de qualquer forma para realização deste trabalho cujos nomes não estão citados aqui devido à limitação de espaço.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

INTERAÇÃO ENTRE GLIFOSATO, FERRO E MANGANÊS EM CULTIVARES DE SOJA TRANSGÊNICA E LINHAS ISOGÊNICAS PRÓXIMASⁱ

Autor: Juliano Fuhrmann Wagner

Orientador: Aldo Merotto Júnior

RESUMO

A soja transgênica resistente ao herbicida glifosato (RG) tem sido amplamente utilizada devido a proporcionar o eficiente controle de plantas daninhas. O herbicida glifosato é o composto mais utilizado em soja RR, e possui características de baixa toxicidade e rápida degradação. Porém, este herbicida pode causar amarelecimento das folhas logo após a aplicação e resultar na imobilização de micronutrientes, principalmente Fe e Mn, no solo e nas plantas. Os objetivos deste estudo foram avaliar os efeitos do herbicida glifosato em soja RG em função da dose do herbicida, da variabilidade genética de cultivares e da disponibilidade de micronutrientes sobre parâmetros fisiológicos, nutricionais, e de crescimento da cultura e no rendimento de grãos. O primeiro experimento a campo consistiu da avaliação de 8 cultivares transgênicas e suas respectivas linhas isogênicas com aplicação de glifosato na dose de 900 g ha⁻¹. O segundo experimento a campo avaliou o efeito do adubo foliar com micronutrientes em interação com duas cultivares de soja tratadas com glifosato. Os experimentos em casa de vegetação foram conduzidos em sistema hidropônico com a presença e ausência de Fe e Mn na solução nutritiva com 3 cultivares e diferentes doses de glifosato. O herbicida glifosato na dose de 900 g ha⁻¹ diminuiu o rendimento de grãos das cultivares BRS Estância RR, BRS Taura RR e Fundacep 59 RR. A aplicação de adubo foliar não resultou em incremento no rendimento de grãos nas cultivares avaliadas. O efeito do herbicida glifosato não alterou a dinâmica dos micronutrientes Fe e Mn em 2 cultivares em comparação com as respectivas cultivares isogênicas próximas. Apenas a cultivar BRS Taura RR apresentou menor acúmulo de Fe foliar em comparação com a sua linha isogênica BRS 154. A fluorescência da clorofila, apesar de ser uma medida rápida e não destrutiva, apresentou grande variabilidade, e necessita de aprimoramentos para a determinação dos efeitos secundários do herbicida glifosato em soja. As generalizações sobre o efeito do herbicida glifosato em soja RG e da resposta da adubação foliar com micronutrientes não foram evidenciadas no presente estudo. Assim, isto indica a necessidade de estudos adicionais em relação ao diagnóstico dos fatores envolvidos no desenvolvimento de cultivares nas recomendações de nutrição mineral em soja RG.

ⁱ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (139p.) Julho, 2012.

INTERACTION BETWEEN GLYPHOSATE, IRON AND MANGANESE IN TRANSGENIC SOYBEAN CULTIVARS AND ISOGENIC LINES NEXT¹

Author: Juliano Fuhrmann Wagner

Adviser: Aldo Merotto Júnior

ABSTRACT

The transgenic soybean resistant to glyphosate (RG) has been widely used due to provide effective weed control. The glyphosate herbicide is the compound most often used in soybean RR, and has characteristics of low toxicity and rapid degradation. However, this herbicide can cause a symptom called yellow flashing immediately after application and may result in the immobilization of micronutrients, especially Fe and Mn, in the soil and plants. The objectives of this study was to evaluate the effects of the herbicide glyphosate in soybeans RR in function of the herbicide rates, the genetic variability of cultivars and the availability of micronutrients through physiological and nutritional parameters, crop growth and grain yield analysis. The first field experiments consisted of evaluating 8 transgenic cultivars and their respective isogenic lines with application of glyphosate at doses of 900 g ha⁻¹. The second field experiment evaluated the effect of foliar fertilization with micronutrients applied in interaction with two soybean cultivars treated with glyphosate. The greenhouse experiments were conducted in a hydroponic system in the presence and absence of Fe and Mn in the nutrient solution with 2 cultivars and different doses of glyphosate. The herbicide glyphosate at a dose of 900 g ha⁻¹ decreased the grain yield of the cultivars BRS Estância RR, BRS Taura RR and Fundacep 59 RR. The application of foliar fertilizer did not increased the grain yield in the cultivars tested. The effect of the glyphosate did not alter the dynamics of micronutrients Fe and Mn in 3 cultivars analyzed in comparison to their isogenic cultivars. Only BRS Taura RR accumulated less Fe in comparison with its isogenic line BRS 154. The fluorescence of chlorophyll is a rapid and nondestructive method for the evaluation of physiological stresses, but it needs improvements for the determination of the secondary effects of the herbicide glyphosate in soybean RG. The generalizations about the effect of the herbicide glyphosate in transgenic soybean and the effect of foliar application of micronutrients had not been demonstrated in the present study. These effects indicate the requirements of additional studies in the diagnosis of the factors involved in the development of cultivars RG and for the recommendations of mineral nutrition in soybean RG.

¹ Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (139p.) July, 2012.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 A cultura da Soja (<i>Glycine</i> Max (L) Merrill).....	4
2.2 Soja transgênica e o uso de glifosato	6
2.3 Interação de glifosato com nutrientes	8
2.3.1 Interação do glifosato com nutrientes do solo.....	9
2.3.2 Interações do glifosato com nutrientes na planta	10
2.4 Sensibilidade das plantas cultivadas à interação glifosato-nutriente	12
2.5 Análise da fluorescência como parâmetro de identificação do estresse em plantas de soja.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Experimentos em solução nutritiva em casa de vegetação	17
3.1.1 Procedimentos experimentais.....	18
3.1.2 Análises realizadas	21
3.2 Experimentos a campo.....	22
3.2.1 Experimento preliminar em casa de vegetação	22
3.2.2 Descrição da área experimental.....	23
3.2.3 Efeito da interação glifosato e nutrientes no rendimento de grãos de soja	24
3.2.4 Variabilidade do efeito de glifosato em cultivares de soja RR em comparação com cultivares isogênicas próximas.....	27
4 RESULTADOS	29
4.1 Avaliação do efeito da disponibilidade de Fe em interação com glifosato em experimento em solução nutritiva conduzidos em casa de vegetação	29
4.1.1 Fluorescência da clorofila	29
4.1.2 Massa seca e teor foliar de Fe nas plantas.....	38
4.2 Avaliação do efeito da disponibilidade de Manganês em interação com glifosato em experimento em solução nutritiva conduzido em casa de vegetação	40
4.2.1 Fluorescência da clorofila	40
4.2.2 Massa seca e teor de Mn foliar nas plantas	48
4.3 Variabilidade de cultivares de soja RR em comparação com cultivares isogênicas próximas.....	50
4.3.1 Avaliações da fluorescência da clorofila.....	50
4.3.2 Avaliação dos teores de clorofila A, clorofila B e clorofila Total	56

	Página
4.3.3 Avaliação dos teores de Ferro e Manganês foliar.	59
4.3.4 Altura de planta e componentes do rendimento de grãos.....	60
4.4 Efeitos da interação de glifosato e nutrientes no rendimento de grãos em soja.....	64
4.4.1 Fluorescência da clorofila	64
4.4.2 Teores de clorofila A, clorofila B e clorofila total	68
4.4.3 Avaliação dos teores de Ferro e Manganês foliar	69
4.4.4 Altura de planta, componentes do rendimento e rendimento de grãos	70
5 DISCUSSÃO	73
5.1 Variabilidade de cultivares de soja RR em comparação com cultivares isogênicas próximas e efeitos da interação de glifosato e nutrientes no rendimento de grãos em soja	73
5.2 Avaliação do efeito da disponibilidade de Fe e Mn em interação com glifosato em experimento em solução nutritiva conduzido em casa de vegetação	83
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
8 APÊNDICES	105
9 VITA.....	139

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Composição da solução nutritiva utilizada nos experimentos de hidroponia. Porto Alegre, RS, 2012.	20
2. Características químicas da amostra de solo retirada da área experimental antes da instalação do experimento. EEA/UFRGS, 2012.	23
3. Cultivares convencionais e transgênicas utilizadas. Porto Alegre, RS, 2012.	28
4. Fluorescência (Fs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.	30
5. Fluorescência máxima (Fms) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.	31
6. Fluorescência variável (Fvs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.	32
7. Eficiência quântica (Yield) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.	34
8. Taxa de transporte de elétrons (ETR) antes da aplicação das doses do herbicida glyphosate. Porto Alegre, RS, 2012.	34
9. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 24 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de ferro na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.	35
10. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 48 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de ferro na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.	36
11. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 72 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de ferro na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.	37

12. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 96 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de ferro na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.	38
13. Massa seca da parte aérea em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.	39
14. Teores de ferro foliar em função da presença ou ausência de ferro na solução e presença ou ausência da aplicação do herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.	39
15. Fluorescência basal (Fs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.	40
16. Fluorescência máxima (Fms) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.....	42
17. Fluorescência variável (Fvs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.....	43
18. Eficiência quântica (Yield) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.....	44
19. Taxa de transporte de elétrons (ETR) antes da aplicação das doses do herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.	44
20. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 24 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.	45
21. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 48 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.	46
22. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 72 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.	47
23. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 96 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.	48
24. Massa seca da parte aérea em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.....	48

25. Teores de Manganês foliar em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.	49
26. Teor de manganês foliar com ausência e presença de manganês na solução nutritiva em função da aplicação do herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.	49
27. Fluorescência basal (Fs) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	50
28. Fluorescência máxima (Fms) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	52
29. Fluorescência variável (Fvs) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	53
30. Eficiência quântica (Yield) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	54
31. Taxa de transporte de elétrons (ETR) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	55
32. Quantidade de Clorofila A de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	56
33. Quantidade de Clorofila B de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	58
34. Quantidade de Clorofila total de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	59
35. Teores de Ferro e Manganês em plantas de soja de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes e 24 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	60
36. Altura de planta e número de ramos de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	61
37. Componentes do rendimento e rendimento de grãos de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	62

38. Fluorescência basal (Fs) em duas cultivares transgênicas em função da aplicação de adubo foliar e do herbicida glifosato avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	64
39. Fluorescência máxima (Fms) em duas cultivares transgênicas em função da aplicação de adubo foliar e do herbicida glifosato avaliada 24 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	65
40. Fluorescência máxima (Fms) para os tratamentos com e sem aplicação de adubo foliar nas avaliações realizadas antes e 96 horas após a aplicação do tratamento. Eldorado do Sul, RS, 2011.	65
41. Fluorescência variável (Fvs) em duas cultivares transgênicas em função da aplicação de adubo foliar e do herbicida glifosato avaliada antes e 24 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	66
42. Fluorescência variável (Fvs) em duas cultivares de soja transgênicas avaliadas 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	66
43. Eficiência quântica (Yield) em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	66
44. Taxa de transporte de elétrons (ETR) em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	68
45. Clorofila A, B e Total em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes da aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	68
46. Clorofila A, B e Total em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas 24 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	69
47. Clorofila A, B e Total em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	69
48. Teores de Ferro foliar em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	70
49. Teores de Manganês foliar em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.	70
50. Altura de planta, número de ramos e número de legumes/planta em duas cultivares de soja transgênicas Eldorado do Sul, RS, 2011.	71

51. Peso de 100 grãos e número de grãos/legume em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	71
52. Médias do número de legumes/planta. Eldorado do Sul, RS, 2011.	71
53. Análise do rendimento de grãos em duas cultivares de soja transgênica. Eldorado do Sul, RS, 2011.....	72

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Ilustração da deposição das sementes de soja em papel germinador (A), e da formação dos rolos para acondicionamento em câmara de germinação (B) Porto Alegre, RS, 2012.	18
2. Ilustração da unidade experimental utilizada nos experimentos em hidroponia conduzidos em casa de vegetação. Porto Alegre, RS, 2012.	19
3. Detalhe do acondicionamento das plântulas de soja antes da uniformização (A) e após a substituição para uniformização, e momento do início do tratamento com Fe na solução nutritiva (B) Porto Alegre, RS, 2012.	20

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) foi introduzida no Brasil em 1882 e é atualmente a principal cultura agrícola do País, tendo grande importância para o produto interno bruto (PIB) nacional. As diferentes práticas de manejo desta cultura, tais como adubação e manejo fitossanitário, objetivam proporcionar alto rendimento de grãos para a soja. O controle de plantas daninhas representa um importante aspecto do manejo da cultura da soja, o qual atualmente é realizado em muitas situações com o herbicida glifosato (N-(fosfometil)-glicina) em lavouras estabelecidas com cultivares transgênicas resistentes a este herbicida.

O glifosato é uma das moléculas mais eficientes para controle de plantas daninhas e, por isso, seu uso continua em expansão em todas as principais áreas agrícolas do mundo. No entanto, a intensa utilização do herbicida glifosato pode estar relacionada a alterações da dinâmica de nutrientes na cultura da soja resistente a este herbicida. Este processo ocorre na interface solo-planta, e pode acarretar impactos econômicos e ambientais importantes devido a grande área cultivada com esta cultura.

O glifosato é um herbicida não seletivo, sistêmico, pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas e que possui seu mecanismo de ação relacionado a inibição da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS). O glifosato é fortemente adsorvido pelos componentes do solo e rapidamente inativado por degradação microbiana. Após a aplicação, o herbicida não interceptado pelas plantas atinge o solo e

passa a fazer parte da solução aquosa deste. A alta solubilidade em água do glifosato e atuação como agente complexante de nutrientes pode consistir em importantes características relacionadas à sua eficiência e degradação no solo e na planta. A molécula do glifosato participa de vários processos metabólicos da planta que podem resultar em efeitos colaterais relacionados à dinâmica de nutrientes e a diminuição da tolerância natural da planta a doenças.

A menor concentração de alguns micronutrientes na planta pode ser resultante de uma menor absorção em função da formação de complexo glifosato-nutriente no solo, ou devido à imobilização do micronutriente com glifosato ou seus metabólitos na planta. Resultados de experimentos específicos sobre o efeito de glifosato na dinâmica de nutrientes em soja ainda são escassos, principalmente em relação à intensidade da imobilização de nutrientes nas plantas de soja resistentes ao glifosato, a duração desta imobilização e da interferência deste processo no rendimento de grãos. A maioria dos trabalhos desenvolvidos avaliaram unicamente as quantidades dos micronutrientes disponíveis e os efeitos ocorridos apenas alguns dias após a aplicação do glifosato. Sendo assim, necessita-se avaliar os efeitos das alterações geradas pelo glifosato durante todo o ciclo da cultura e, principalmente, sobre o rendimento de grãos. Também, é necessário o avanço no entendimento de indicadores fisiológicos envolvidos na interação do glifosato e micronutrientes, a fim de contribuir para a descrição destes processos com base na racionalidade científica em detrimento de observações pontuais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do herbicida glifosato em soja RR em função da dose do herbicida, da variabilidade genética de cultivares e da disponibilidade de micronutrientes sobre parâmetros fisiológicos, nutricionais, e de crescimento da cultura e no rendimento de grãos.

Os objetivos específicos foram:

- Determinar o efeito da interação da disponibilidade dos micronutrientes Ferro e Manganês com o herbicida glifosato sobre parâmetros fisiológicos e nutricionais em soja resistente a este herbicida.

- Identificar a ocorrência de variabilidade genética em soja em relação aos efeitos secundários do herbicida glifosato em função da disponibilidade de micronutrientes Fe e Mn.

- Avaliar as consequências dos efeitos da complexação dos nutrientes Fe e Mn pelo herbicida glifosato sobre o rendimento de grãos de cultivares de soja resistentes a este herbicida.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da Soja (*Glycine Max* (L) Merrill)

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma espécie autógama pertencente a família Fabaceae e a subfamília Papilionoideae (Carvalho Filho & Amabile, 1996). Esta espécie constitui-se em um dos principais cultivos da agricultura brasileira e mundial. A soja possui múltiplas utilizações na alimentação humana e animal e apresenta relevante papel socioeconômico. Além disto, a soja é matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais, como, por exemplo, os de leite e carnes.

Muitos estudos relatam que a soja teve sua origem no Norte da China expandindo-se lentamente para o Sul da China, Coréia, Japão e Sudeste da Ásia (Hymowitz, 1970; Bonetti, 1977). Segundo Moraes *et al.* (1996), é provável que a soja só tenha chegado à Coréia e desta para o Japão entre 200 a.C e o século III d.C. Durante séculos, a soja permaneceu restrita somente aos países orientais, sendo utilizada principalmente para a produção de grãos usados na preparação de grande variedade de alimentos. A soja foi levada ao Ocidente somente no final do século XV e começo do XVI devido á intensificação da migração européia (Bonetti, 1977). No continente americano, os primeiros cultivos da soja datam de 1804, no Estado da Pensilvânia, mas somente a partir do ano de 1880 a cultura adquiriu importância nos Estados Unidos como cultura forrageira. No Brasil, a soja foi introduzida a partir dos Estados Unidos em 1882 e, em 1891, foram realizados testes de adaptação de cultivares no Instituto

Agrônomo de Campinas (IAC). Nesta época, os estudos dessa cultura eram focados para a produção de forragem, com alguma produção de grãos destinada aos animais da própria propriedade. Somente em 1900 ocorreu a distribuição das primeiras sementes de soja para produtores do Estado de São Paulo visando a produção de grãos.

No Rio Grande do Sul, a soja foi introduzida em 1914 no município de Santa Rosa, onde a cultura encontrou latitude semelhante ao seu local de origem, o que favoreceu o seu desenvolvimento e expansão (Bonato & Bonato, 1987). Porém, somente em 1960 a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil. Neste período, a soja foi indicada como a melhor cultura de verão para suceder o trigo, atingindo produção em torno de 1,056 milhão de toneladas, onde os estados da Região Sul produziram cerca de 98% deste total. Na década seguinte, a soja foi consolidada como a principal cultura do agronegócio brasileiro, devido ao aumento da área de cultivo para o Centro Oeste brasileiro e também da produtividade. Desde então, a cultura da soja tem crescido significativamente, sendo a única cultura a ter um crescimento expressivo na sua área cultivada nas últimas quatro décadas (Guth *et al.*, 2005; CONAB, 2012).

No Brasil, os primeiros resultados de produtividade em termos comerciais foram constatados no Rio Grande do Sul, com uma produtividade de 700 kg ha⁻¹ na década de 40 (Bonato & bonato, 1987). Na década de 60, a sua produção multiplicou-se por cinco e na década seguinte foi consolidada como a principal cultura do agronegócio, onde se teve aumento de área e incremento na produtividade chegando a produzir 1.730 kg ha⁻¹ nos três estados da região Sul e nas décadas subseqüentes ocorreu a expansão mais significativa no centro-oeste passando de 2% da produção nacional colhida em 1970 para quase 60% em 2003 tornando o estado do Mato Grosso líder nacional de produção (Valdes % Ash, 2004). Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor e exportador

mundial de soja, ficando atrás somente dos Estados Unidos. Na última safra brasileira, foram cultivados, aproximadamente, 24 milhões de hectares com produção estimada de 75 milhões de toneladas (CONAB, 2012). As exportações brasileiras estão estimadas em 49,08 milhões de toneladas (CONAB, 2012). Os estados com maior área cultivada são Mato Grosso (8,15 milhões de ha, Paraná (4,59 milhões de ha), seguidos pelo Rio Grande do Sul (4,08 milhões de ha). Na safra 2011/2012, a produtividade média de soja no Rio Grande do Sul ficou em torno de 1.555 kg ha^{-1} , inferior a média nacional, que foi de 2.665 kg ha^{-1} (CONAB, 2012). A baixa produtividade na safra 2011/2012, se deve a ocorrência de déficit hídrico que ocorreu principalmente nos meses de novembro de 2011 e janeiro de 2012, que afetaram os estados da região Sul, parte da região Sudeste e Sudoeste do Mato Grosso do Sul (CONAB, 2012).

Embora freqüentemente ocorram prejuízos com a ocorrência de déficit hídrico, outro fator que contribui com a redução na produtividade da soja é a presença de plantas daninhas. O manejo ineficiente das plantas daninhas pode causar prejuízos de 32 a 95% (Oerke, 2006; Nepomuceno *et al.*, 2007) devido à interferências decorrentes da presença dessas plantas na lavoura, as quais interferem diretamente pela competição de recursos de crescimento, como água, luz e nutrientes (Bianco *et al.*, 2012). O método mais eficaz no controle de plantas daninhas, especialmente em grandes áreas, é a utilização de herbicidas, sendo o método mais econômico, tanto em soja convencional como em soja transgênica resistente ao herbicida glifosato (Gazziero *et al.*, 2006).

2.2 Soja transgênica e o uso de glifosato

O desenvolvimento de plantas transgênicas resistentes a herbicidas ocorreu a partir da necessidade de facilitar o controle de plantas daninhas, diminuir o uso de defensivos na agricultura e da utilização de plantas menos suscetíveis a condições de

estresses (Monqueiro, 2005). Neste contexto, as plantas transgênicas são uma alternativa importante para a agricultura, pois podem promover o aumento da produção e a diminuição do uso de defensivos.

A liberação do cultivo de soja transgênica para consumo humano e animal passou por diversas discussões em reuniões científicas, éticas, econômicas e políticas. Estas discussões decorreram da limitação de conhecimentos científicos sobre os impactos desta tecnologia, da necessidade de uma abordagem de maneira inter e multidisciplinar e de conflitos de interesses entre as partes envolvidas (Nodari & Guerra, 2001; Costa *et al.*, 2011).

A primeira planta transgênica aprovada para consumo humano e animal no Brasil foi a soja “Roundup Ready” desenvolvida pela empresa Monsanto. Este evento transgênico foi realizado através da inserção do gene CP4 da bactéria *Agrobacterium* sp., que a tornou a soja tolerante ao glifosato, ingrediente ativo do herbicida Roundup (Kleba, 1998). Este gene foi inserido através de bombardeamento de microprojéteis, resultando em planta que possui a expressão da enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS) original da soja que é inativada com a aplicação do herbicida, e outra de *Agrobacterium* sp., que não é afetada pelo herbicida devido esta possuir resistência. Além disso, a nova soja contém porções genéticas de petúnia (CTP), do vírus do mosaico da couve-flor (P-E35S), e da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* (NOS 3’) utilizados como elementos para regular a integração e o funcionamento do gene EPSPS bacteriano no genoma da soja (Padgett *et al.*, 1995).

O cultivo de transgênicos é elevado em alguns países e em determinadas culturas. No ano de 2011, o primeiro lugar no ranking mundial de cultivos transgênicos ficou com os Estados Unidos, com uma área em torno de 69 milhões de ha. O Brasil ocupou o segundo lugar com uma área de 30,8 milhões de ha, sendo que deste total,

foram cultivados 18,1 milhões de hectares com soja tolerante ao glifosato (ISAAA, 2012). O expressivo e rápido aumento do cultivo de soja transgênica é baseado, principalmente, no fato desta tecnologia simplificar o processo de controle de plantas daninhas na cultura da soja. Além disso, embora seja necessário o pagamento de royalties à empresa detentora da tecnologia, a utilização de soja transgênica ainda propicia economia na medida em que necessita somente a aplicação de um herbicida para o controle das plantas daninhas (Valdes & Ash, 2004). No entanto, o aumento da frequência de plantas daninhas tolerantes e resistentes ao glifosato tem resultado na necessidade de utilização de outros herbicidas em adição ou substituição ao glifosato (Galli & Montezuma, 2005).

2.3 Interação de glifosato com nutrientes

O glifosato pertence ao grupo químico das glicinas substituídas, é um herbicida não-seletivo e sistêmico, utilizado para o controle de plantas daninhas no manejo pré-semeadura em sistemas de plantio direto e em pós-emergência em culturas resistentes, assim mesmo para eliminação de plantas daninhas em ambientes aquáticos (Rodrigues & Almeida, 2005). Dentre os produtos fitossanitários, o glifosato é considerado relativamente biologicamente seguro devido a ser baixa toxicidade e rápida degradação (Cerdeira & Duke, 2006). Entretanto, a utilização de glifosato tem sido relacionada com a imobilização de nutrientes no solo e nas plantas (Bernards *et al.*, 2005) e com o surgimento de doenças em plantas expostas sistematicamente a este herbicida (Johal & Huber, 2009; Böhm & Rombaldi, 2010)

O glifosato é translocado através do floema e inibe a enzima EPSPS na rota do ácido chiquímico, resultando no efeito primário deste herbicida, que é a interrupção da formação de aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina e tirosina, que são

essenciais para o desenvolvimento das plantas (Duke *et al.*, 2003). Como efeito secundário, ocorre o acúmulo de chiquimato e redução da produção e transporte de sacarose (Devine *et al.*, 1993). Quando o glifosato é metabolizado, ocorre inicialmente a formação de ácido amino-metilfosfônico (AMPA), que também tem características tóxicas às plantas (Zablotowicz & Reddy, 2007). A molécula do glifosato é composta pelos grupos funcionais carbonila, amina e fosfonato, que resultam em diferentes cargas iônicas em função do pH do meio. Em condições de pH fisiológico, as cargas resultantes dos processos de dissociação são monoânion e diânion. Isto confere ao glifosato forte característica quelante de metais sob diferentes dissociações ácidas (Coutinho & Mazo, 2005).

A característica quelante do glifosato pode ocasionar a imobilização de nutrientes no solo e nas plantas (Eker *et al.*, 2006). Este problema começou a ser identificado em áreas agrícolas no Brasil e nos Estados Unidos através de observações a campo de que a freqüente aplicação de glifosato induziu a deficiência de Fe, Zn e Mn em plantas resistentes a este herbicida (Huber & McCay-Buys, 1993; *et al.*, 2004b; Huber, 2006;). Esta deficiência pode decorrer dos processos relacionados à aplicação direta do glifosato sobre a planta ou da interação deste composto com o solo (Eker *et al.*, 2006).

2.3.1 Interação do glifosato com nutrientes do solo

O solo é um sistema complexo, composto de água, ar, material mineral, matéria orgânica e organismos. Os microrganismos têm papel fundamental na manutenção da fertilidade do solo e decomposição da matéria orgânica, sendo importante considerar o efeito adverso dos pesticidas sobre a microbiota. O uso contínuo e indiscriminado de alguns pesticidas pode ocasionar mudanças na população e atividade microbiana no solo

(Taiwo & Oso, 1997). O glifosato possui a capacidade de se ligar fortemente ao solo, devido a similaridade com o fosfato inorgânico, e pode ficar fortemente adsorvido às partículas do solo por meio da ligação do radical ácido fosfônico (Morillo *et al.*, 2002).

A adsorção do glifosato pode ocorrer com matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio e às argilas, sendo que destes, a fração orgânica é a mais importante. Já quando o glifosato apresenta-se como um resíduo ligado, permanecendo até sua completa mineralização (Toni *et al.*, 2006), o glifosato possui alta degradação microbológica, sendo transformado em produtos não fitotóxicos como CO_2 , PO_4^{-3} e NH_3 , podendo também ser adsorvido pelos constituintes do solo como argilas e matéria orgânica, tornando-o de difícil recuperação e extração em amostras ambientais (Mallmann, 2009). O padrão de degradação do glifosato no solo é dependente do grupo de microrganismos presentes e de suas exigências nutricionais e sistemas enzimáticos (Araujo *et al.*, 2003). Por exemplo, isolados de *Streptomicetos* degradadores de fosforados foram capazes de metabolizar o glifosato através do complexo enzimático C-P liase, utilizando o composto como fonte de carbono e fósforo (Obojska *et al.*, 1999). Estes exemplos caracterizam a complexa interação do herbicida com o solo.

2.3.2 Interações do glifosato com nutrientes na planta

Em soja resistente geneticamente ao herbicida glifosato, este composto é distribuído por praticamente toda a planta e interage com esta por um longo período. A molécula do glifosato participa de vários processos metabólicos da planta que podem resultar em efeitos relacionados à dinâmica de nutrientes e à diminuição da tolerância natural da planta a doenças. A longa permanência do glifosato nestas plantas possibilita que este composto entre em interação com nutrientes e metabólitos, ou ainda, que o composto possa ser exudado para a rizosfera (Neumann *et al.*, 2006).

Aproximadamente 80% do glifosato absorvido após a aplicação foliar é translocado para ápices de folhas e raízes através do floema, juntamente com os fotoassimilados, que são consideradas regiões dreno da planta, tornando estes locais críticos para a complexação do glifosato (Feng *et al.*, 2003; Zobiolo *et al.*, 2011a). Nesse sentido, diferentes trabalhos, a maioria realizados com o uso de solução hidropônica, têm mostrado a interferência do glifosato na mobilidade de nutrientes em plantas (Johal & Huber, 2009). Em soja não transgênica, foi observado que o glifosato interferiu na absorção e translocação de Ca, Mg, Fe e Mn, com reduções significativas da concentração destes elementos nas sementes (Cakmak *et al.*, 2009). Em soja resistente ao glifosato, é comumente observado o amarelecimento das folhas após a aplicação do glifosato, que é denominado de “*yellow flashing*”. Este amarelecimento é consequência da imobilização de Fe e Mn pelo glifosato, e possivelmente, a duração do amarelecimento é dependente da habilidade das plantas de repor os níveis adequados destes elementos através da absorção radicular ou foliar (Franzen *et al.*, 2003, Jolley *et al.*, 2004; Eker, 2006).

Além de alterações na concentração de micronutrientes, menores concentrações de macronutrientes, clorofila, taxa fotossintética e transpiração foram identificados em três cultivares de soja resistentes em comparação com a respectiva cultivar isogênica próxima (Zobiolo *et al.*, 20012b). Outra constatação importante foi que a fixação de nitrogênio em plantas também é negativamente afetada pelo glifosato (King *et al.*, 2001; Bellaloui *et al.*, 2006). Mesmo em baixas concentrações de glifosato (1,25 mM) foi observado que ocorrem reduções na atividade da nitrogenase em nódulos de *Lupinus perennis* depois de 24 horas de aplicação (De Maria *et al.*, 2006). Em soja, aplicações de diferentes sais de glifosato realizadas nos estádios iniciais têm demonstrado redução de até 21 a 28% na massa fresca de nódulos e 8 a 10% na quantidade de

leghemoglobina dos nódulos (Reddy & Zablutowicz, 2003). Isto ocorre porque a principal bactéria (*Bradyrhizobium japonicum*), não apresenta a enzima com resistência ao glifosato e que os efeitos deletérios deste herbicida ficam restritos somente a inibição do desenvolvimento dos nódulos (Thomas & Costa, 2010). Em condições de campo, efeitos relacionados ao rendimento de grãos em genótipos de soja resistentes chegam a 6000 kg ha⁻¹ com a aplicação de glifosato (Rosinha *et al.*, 2007), evidenciando que os efeitos deletérios do glifosato sejam temporários e que não há evidências nas reduções no rendimento de grãos (Cerqueira & Duke, 2006; Thomas & Costa, 2010).

2.4 Sensibilidade das plantas cultivadas à interação glifosato-nutriente

Plantas de soja transgênicas cultivadas em solo arenoso com pH de 4,5 e pulverizadas com 0,9 e 1,8 kg ha⁻¹ de glifosato apresentaram menor matéria seca da parte aérea do que a testemunha sem herbicida, sendo que o mesmo não ocorreu quando as plantas foram cultivadas em solo com pH de 7,6 (Luvisol) (Bott *et al.*, 2008). Isto significa que, em pH reduzido, o glifosato reduz o crescimento de planta quando comparado com a testemunha. Experimentos desenvolvidos em hidroponia demonstraram que mesmo a aplicação de glifosato a 1,25 a 6% da dose recomendada, que são comparáveis aos níveis de deriva em plantas não-alvo, causou declínio na absorção, transporte e acúmulo de Fe, Zn e Mn por plantas de girassol (Ozturk *et al.*, 2008). Semelhantemente, mesmo em doses de 1 a 10% das doses recomendadas, o glifosato inibiu a aquisição de micronutrientes como Mn, Fe e Zn (Kremer *et al.*, 2001; Charlson *et al.*, 2004; Jolley & Hansen, 2004). Segundo Bernard *et al.* (2005), a redução no teor de Fe na planta ocorre, de modo geral, porque o glifosato age como um agente quelante e forma complexos estáveis com cátions metálicos divalentes e trivalentes, reduzindo a disponibilidade nos tecidos tratados.

Além de interferir na absorção de micronutrientes, o glifosato tem efeito sobre a assimilação de nitrato, biomassa de nódulos, conteúdo de leghemoglobina e na fixação do nitrogênio (Reddy *et al.*, 2000). Estes efeitos podem ser explicados devido ao fato de que as bactérias responsáveis pela fixação do nitrogênio possuem certa sensibilidade ao glifosato, que é influenciada pela concentração do herbicida e pela estirpe da bactéria (Santos *et al.*, 2006; Jacques *et al.*, 2010). Este efeito negativo ocorre, principalmente, nos estádios iniciais da cultura da soja transgênica (Belaloui *et al.*, 2006).

Estudos recentes comparando cultivares isogênicas próximas de soja constataram que a taxa de fotossíntese na cultivar transgênica com aplicação de glifosato foi menor em comparação com a cultivar não transgênica (Zobiolo *et al.*, 2009). No mesmo estudo, a cultivar transgênica que recebeu aplicação de glifosato apresentou sintomas cloróticos em comparação às plantas que não receberam a aplicação do herbicida. Os sintomas cloróticos podem estar relacionados à diminuição da fotossíntese como resultado de danos diretos do glifosato à clorofila ou imobilização de Mg e Mn necessários para a formação de clorofila e fotossíntese, respectivamente (Reddy *et al.*, 2004). A imobilização do Mn pode ocorrer pela reação do glifosato com este elemento, formando complexos insolúveis, o que pode indicar que há a formação de complexos glifosato-Mn também na rizosfera do solo, tornando o Mn menos disponível para ser absorvido (Eker *et al.*, 2006).

Além da imobilização dos nutrientes, outra fonte de dano que causa clorose nas plantas é a formação e acumulação de AMPA, que é o primeiro metabólito fitotóxico do glifosato (Reddy *et al.*, 2004). Esta formação e acumulação é variável conforme a dose de glifosato, as condições ambientais e o genótipo (Reddy *et al.*, 2004) o que explica a variação da ocorrência de injúria entre genótipos e ano de cultivo (Zobiolo *et al.*, 2011b). Neste sentido a utilização de medidas de parâmetros como índice de área foliar,

produção de massa seca, teor de clorofila e fluorescência da clorofila permitem com que as respostas fisiológicas das plantas sejam identificadas de forma mais rápida, tanto qualitativa como quantitativamente, em resposta à aplicação do herbicida glifosato (Nascimento *et al.*, 2009; Neto *et al.*, 2011).

2.5 Análise da fluorescência como parâmetro de identificação do estresse em plantas de soja

Na década de 1960, foi descoberto que existiam dois complexos fotoquímicos que operavam em série para realizar as reações de armazenamento da energia proveniente da fotossíntese na forma de ATP, que hoje são conhecidos como fotossistemas I e II. Estes dois fotossistemas funcionam de forma independente e complementar, onde no fotossistema I ocorre a absorção da luz com comprimentos de onda de 700 nm e no fotossistema II a absorção de comprimentos de onda de 680 nm. Em ambos fotossistemas, o primeiro evento é a transferência de elétrons excitados pela luz desde os centros de reação, chamados P680 e P700 para os fotossistemas II e I, respectivamente, para a cadeia de transporte de elétrons (Rohacek *et al.*, 2008). Os centros de reação são um complexo de moléculas de clorofilas unidas a proteínas e de quinonas, que podem ser oxidadas ou reduzidas, aceitando ou doando elétrons. A fonte de elétrons é a água e o receptor final é o NADP⁺, o qual resulta na redução a NADPH (Raven *et al.*, 1996).

O processo conhecido como fluorescência se refere à parte da energia absorvida pelas moléculas de clorofila que é dissipada na forma de radiação. Os elétrons, quando recebem a energia da luz, passam de um estado normal para um estado excitado. Quando estes elétrons voltam ao seu estado normal, parte da energia que não é utilizada

para a conversão em ATP e NADPH₂ é liberada na forma de radiação e caracteriza o processo de fluorescência (Maxwell & Johnson, 2000).

A medição da fluorescência da clorofila em plantas é uma ferramenta utilizada para estudar o estado de estresse de uma planta avaliando o sistema de energia do complexo fotossintético (Strasser *et al.*, 1995; Lazár, 1999). Moléculas de clorofila absorvem a energia da luz, que pode ser usada para a atividade fotossintética da folha, ser dissipada na forma de calor ou ser reemitida como fluorescência. Estes três destinos possíveis da energia fornecida pela luz competem entre si e o aumento de um é feito à custa da diminuição dos outros (Maxwell & Johnson, 2000). Assim, medindo a fluorescência da clorofila A é possível obter informação sobre a eficiência da fotossíntese e dissipação de energia fotoquímica que ocorre nas folhas das plantas (Stirbet *et al.*, 1998; Cha-um *et al.*, 2010).

A capacidade fotossintética é um parâmetro útil para avaliar os efeitos das mudanças ambientais sobre as plantas (Schreiber *et al.*, 1994). Em particular, a metodologia de fluorescência da clorofila possui utilidade porque é um procedimento não destrutivo e relativamente simples (Mohammed *et al.*, 1995; Baker & Rosenqvist, 2004). Além disso, a fluorescência da clorofila pode revelar propriedades detalhadas do fotossistema II, incluindo a fração aberta do PSII, a dissipação de energia por meio de antenas e a fotoinibição (Björkman & Demmig-Adams, 1995; Krause 1994; Schreiber *et al.*, 1994).

Os parâmetros de fluorescência têm sido analisados para relacionar com a taxa de assimilação fotossintética de CO₂ das folhas (Baker & Rosenqvist, 2004) e amplamente utilizados também para estudar o desempenho fotossintético das folhas (Maxwell & Johnson, 2000; Baldassarre *et al.*, 2011). No entanto, também há evidências de que os inibidores de muitos processos metabólicos que não estão

diretamente envolvidos no metabolismo fotossintético podem ocasionar modificações na cinética de fluorescência (Barbagallo *et al.*, 2003).

O herbicida glifosato pode provocar alterações nas características de indução de fluorescência associados com as modificações no metabolismo do carbono fotossintético. Embora as bases científicas dos efeitos de tais inibidores não fotossintéticos na emissão de fluorescência não foram ainda identificadas, é provável que a inibição das reações metabólicas não envolvidas na fotossíntese irá influenciar a taxa de síntese de metabólicos intermediários chave no metabolismo fotossintético e, conseqüentemente, interferir na taxa de fotossíntese e características de emissão de fluorescência (Barbagallo *et al.*, 2003). Esta sensibilidade de fluorescência da clorofila à perturbações no metabolismo, acoplados com a facilidade e rapidez com que as medições podem ser feitas, torna potencialmente útil esta ferramenta para identificar, de forma não destrutiva perturbações metabólicas nas plantas (Barbagallo *et al.*, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação nos anos de 2011 e 2012 e dois experimentos a campo no ano agrícola de 2011/2012. Os experimentos a campo foram conduzidos na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, RS. Os trabalhos em casa de vegetação foram conduzidos em sistema hidropônico com solução nutritiva e em vasos. A casa de vegetação utilizada está localizada na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em Porto Alegre, RS.

3.1 Experimentos em solução nutritiva em casa de vegetação

Para este estudo, foram realizados dois experimentos conduzidos em casa de vegetação em cultivo hidropônico. O primeiro experimento foi realizado no período de 22/11/2011 a 23/12/2011 e o segundo no período de 20/01/2012 a 22/02/2012. Os experimentos foram conduzidos em delineamento completamente casualizado, com três fatores e quatro repetições. O fator A constou da presença ou ausência de ferro e manganês na solução nutritiva para o primeiro e segundo experimento respectivamente. O fator B constou da aplicação de glifosato nas doses de 0, 1.080 e 2.160 g ha⁻¹ e. a. (Roundup Original, Concentrado solúvel, 360 g L⁻¹ e. a.). O fator C constou das cultivares de soja BRS 137 (convencional, ou não resistente ao herbicida glifosato) e

suas linhas isogênicas próximas Fepagro 37RR e BRS Tertúlia RR que são cultivares transgênicas resistentes ao herbicida glifosato.

3.1.1 Procedimentos experimentais

As sementes foram selecionadas por tamanho uniforme e ausência de danos mecânicos ou fungos. Após, foi realizada a desinfecção das sementes em solução de 2% de hipoclorito de sódio por dois minutos, com posterior tríplice lavagem em água destilada. Em seguida, as sementes foram envoltas em papel germinador, acondicionadas em recipiente tipo becker com capacidade para 2 L (Figura 1) e incubadas em câmara de germinação por 72 horas, em temperatura de 27°C (\pm 2°C).

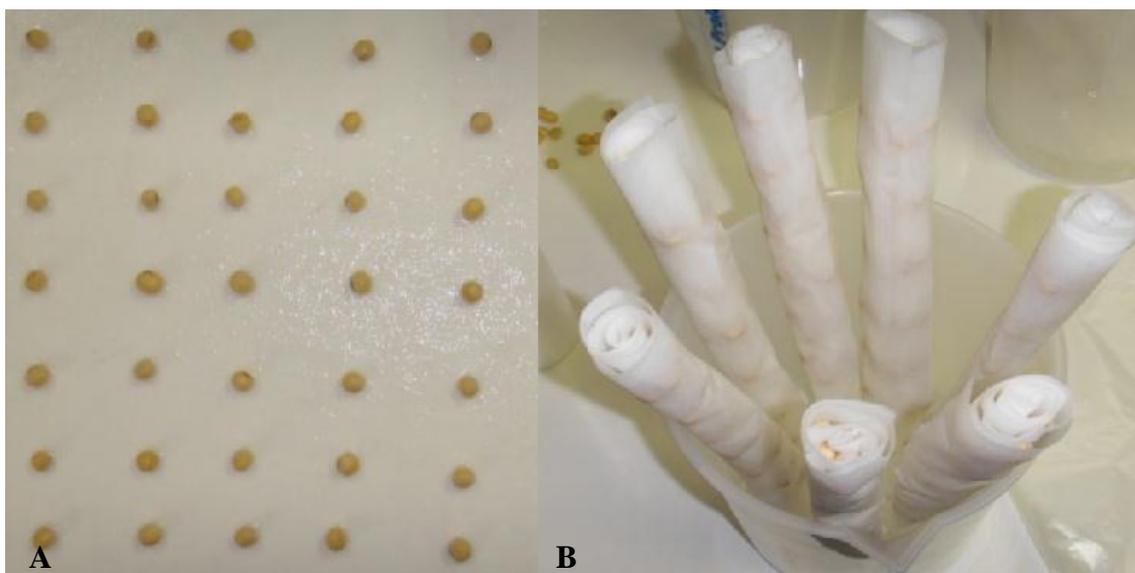


FIGURA 1. Ilustração da deposição das sementes de soja em papel germinador (A), e da formação dos rolos para acondicionamento em câmara de germinação (B) Porto Alegre, RS, 2012.

O transplante para as unidades experimentais foi realizado no terceiro dia após as sementes serem incubadas para germinar, quando as plântulas estavam no estágio VC (estádio cotiledonar) (Fehr e Caviness, 1977). As unidades experimentais foram

constituídas de vasos de plástico com capacidade para 3 L, nos quais foram distribuídas quatorze plantas por vaso (Figura 2).

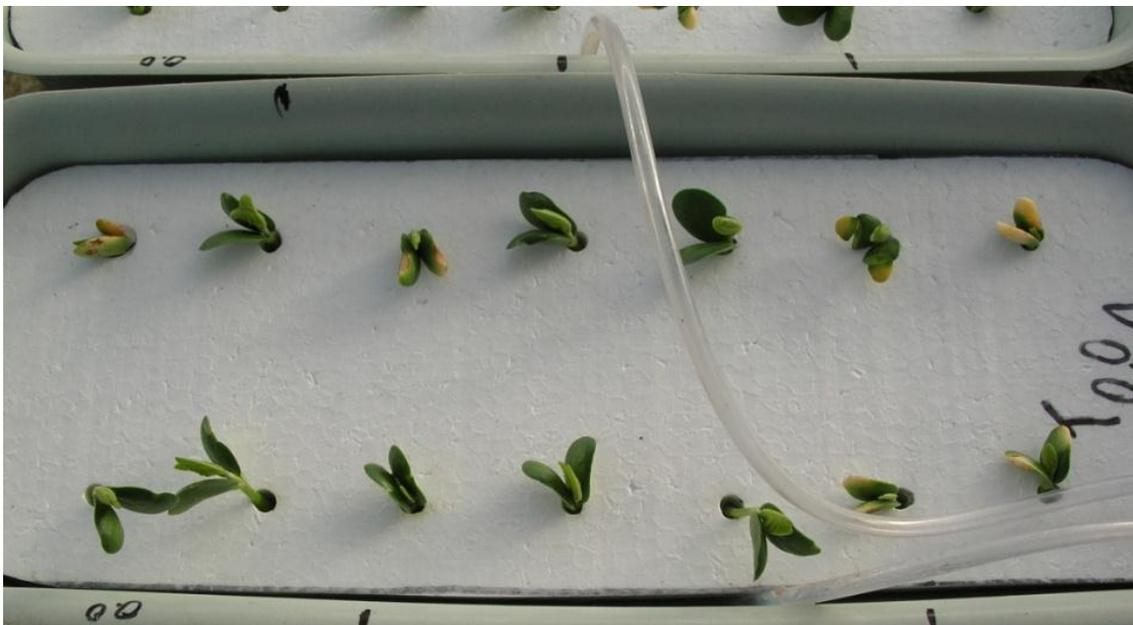


FIGURA 2. Ilustração da unidade experimental utilizada nos experimentos em hidroponia conduzidos em casa de vegetação. Porto Alegre, RS, 2012.

As sementes foram acondicionadas de forma equidistante em uma chapa de isopor de forma a ficar suspensas sob a solução hidropônica. Após a instalação das plântulas nas unidades experimentais, estas foram mantidas para adaptação com solução hidropônica completa por sete dias. O pH da solução nutritiva foi mantido em 5,5 através de medições a cada dois dias e a solução nutritiva foi trocada a cada quatro dias. A solução nutritiva utilizada foi composta conforme descrito na Tabela 1. As unidades experimentais receberam aeração artificial através da injeção de ar comprimido através de bombas eletromagnéticas de aeração do tipo ACO-003. A temperatura média do ar no interior da casa de vegetação foi de aproximadamente 28°C.

TABELA 1. Composição da solução nutritiva utilizada nos experimentos de hidroponia. Porto Alegre, RS, 2012.

Nutriente	Composto	Concentração final
K	KCl	0,1 mM
K, P	KH ₂ PO ₄	0,1 mM
K,S	K ₂ SO ₄	0,7 mM
Ca, N	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	2 mM
Mg	MgSO ₄ · 7H ₂ O	0,5 mM
Mn	MnSO ₄ · 4H ₂ O	0,5 µM
Mo	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	0,01 µM
B	H ₃ BO ₃	10 µM
Zn	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0,5 µM
Cu	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0,2 µM
Fe ⁺²	FeSO ₄ · 7H ₂ O	40 µM
Quelante	EDTA Dissódico	100 µM

As plantas foram selecionadas por tamanho no período em que as mesmas estavam em adaptação na solução nutritiva. A seleção foi realizada através da substituição das plântulas pouco desenvolvidas com o objetivo de minimizar possíveis variações devido ao crescimento desuniforme. As plântulas que foram utilizadas para substituição foram cultivadas nas mesmas condições de forma paralela ao experimento durante o período de adaptação (Figura 3).



FIGURA 3. Detalhe do acondicionamento das plântulas de soja antes da uniformização (A) e após a substituição para uniformização, e momento do início do tratamento com Fe na solução nutritiva (B) Porto Alegre, RS, 2012.

A aplicação dos tratamentos com nutrientes foi realizada no sétimo dia após o transplante quando as plantas estavam iniciando o desenvolvimento das folhas unifolioladas. Os tratamentos com nutrientes constaram da ausência e presença de Ferro na concentração de 40 μM para o primeiro experimento, e da ausência e presença de manganês na concentração de 0,5 μM para o segundo experimento. Estas concentrações foram obtidas conforme os estudos de Izaguirre-Mayoral & Sinclair (2005) para ferro e Bott *et al.* (2008) para manganês.

Quando as plantas atingiram o estágio V3 (26 dias após o transplante) foram aplicados os tratamentos relacionados ao herbicida glifosato para os dois experimentos. Os tratamentos constaram das doses de 0, 1.080 e 2.160 g ha^{-1} e. a. de glyphosate (Roudup Original, 360 g L^{-1} e. a. de N-(fosfonometil) glicina (glifosato)). As aplicações foram realizadas utilizando pulverizador costal pressurizado com CO_2 munido de bicos DG 110,02, mantido à pressão constante de 200 kPa e calibrado para vazão de 200 L ha^{-1} .

3.1.2 Análises realizadas

As análises realizadas foram fluorescência da clorofila, concentração de nutrientes na folha e massa seca no estágio V4. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste F e, quando houve a significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

As medidas da fluorescência da clorofila foram realizadas no folíolo central do segundo trifólio. O aparelho utilizado foi o OS1-FL Chlorophyll Fluorometer (Opti-Sciences). As leituras foram realizadas antes da aplicação do herbicida e 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação. Os parâmetros analisados foram a fluorescência basal (Fs),

fluorescência máxima (Fms), fluorescência variável (Fvs), rendimento da eficiência quântica (Yield) e taxa de transporte de elétrons (ETR).

A concentração foliar de ferro e manganês foi realizada tendo como material vegetal as quatorze plantas de cada repetição de forma a obter a quantidade necessária a realização da extração dos nutrientes. As determinações dos teores de Ferro e Manganês foliar de cada amostra foram realizadas utilizando o método de espectrofotometria de absorção descrito por Malavolta *et al.* (1997). As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análises de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS. A quantificação do teor de matéria seca foi realizado pela coleta das plantas de cada repetição e posterior secagem em estufa a 60°C, até peso constante.

3.2 Experimentos a campo

3.2.1 Experimento preliminar em casa de vegetação

Inicialmente, foi realizado experimento preliminar em casa de vegetação para a seleção das cultivares a serem utilizadas no experimento a campo.

O experimento foi conduzido em delineamento completamente casualizado com quatro repetições. Os tratamentos constaram de sete cultivares de soja resistentes ao herbicida glifosato (Fundacep 59 RR, Fepagro 36 RR, Coodetec 206 RR, BRS 255 RR, BRS Tertúlia RR, BRS Taura RR e BRS Estância RR). Foram semeadas quatro sementes por vaso com posterior desbaste e manutenção de duas plantas por vaso. Os vasos possuíam capacidade de 1 L, que foram preenchidos com solo do tipo Argissolo Vermelho Distrófico típico (Streck *et al.*, 2008) coletado na EEA/UFRGS. O herbicida glifosato foi aplicado na dose de 900 g ha⁻¹ e. a. conforme descrito anteriormente. A avaliação constou da injúria visual aos 5, 10 e 15 dias após a aplicação do herbicida.

Com base nestes resultados, foram selecionadas as cultivares Fundacep 59 RR e Coodetec 206 RR, que apresentaram os maiores níveis de injúria.

3.2.2 Descrição da área experimental

A área experimental está localizada na EEA/UFRGS, em Eldorado do Sul, RS, a uma altitude média de 46 m acima do nível do mar. O clima na região é subtropical, de verão úmido quente, do tipo Cfa, conforme a classificação climática de Köppen (Ipagro, 1979). A precipitação pluvial média anual em Eldorado do Sul (RS) é de 1445 mm e a temperatura média mensal varia entre 13,5°C e 24,6°C, entre os meses mais frios (Junho) e mais quentes do ano (Janeiro), respectivamente (Bergamaschi *et al.*, 2003).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (Streck *et al.*, 2008) e apresenta textura dos tipos argilo arenosa ou franco arenosa. Esta área vem sendo manejada em sistema de plantio direto a aproximadamente 15 anos, com sistema de rotação de culturas com milho e soja na estação estival e aveia, trigo ou azevém na estação hiberna. Antes da instalação dos experimentos, foram retiradas amostras de solo na área de estudo, na camada entre as profundidades de 0-20 cm. A análise do solo foi realizada pelo Laboratório de Análises de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS e os resultados são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Características químicas da amostra de solo retirada da área experimental antes da instalação do experimento. EEA/UFRGS, 2012.

Parâmetro	Argila %	pH H ₂ O	P ---- mg dm ⁻³ ----	K	MO ¹ %	Al ³⁺ ----- cmol _c dm ⁻³ -----	Ca ²⁺	Mg ²⁺ -----	Fe g/dm ³	Mn mg/
Teores	17	5,1	36	113	2,2	0,4	2,4	1,0	1,3	16

¹MO=matéria orgânica

²V=saturação de bases

3.2.3 Efeito da interação glifosato e nutrientes no rendimento de grãos de soja

O experimento foi realizado em parcelas sub-sub-divididas com três repetições. Na parcela principal, foi alocado o fator cultivar, na sub-parcela o fator herbicida, e na sub-sub-parcela a adubação foliar. Os tratamentos foram selecionados com o objetivo de verificar o efeito da interferência do glifosato na dinâmica dos micronutrientes Fe e Mn em soja resistente ao glifosato em função da disponibilidade desses elementos na planta. As cultivares utilizadas no experimento foram Coodetec 206 RR (CD 206 RR) e Fundacep 59 RR. Ambos os genótipos são recomendados para o cultivo no Estado do Rio Grande do Sul, tem ampla adaptação e elevado rendimento potencial de grãos. A escolha destas cultivares partiu de ensaio preliminar realizado em casa de vegetação descrito anteriormente.

O tratamento herbicida constou da presença ou ausência de glifosato aplicado na dose de 0, 900 e 1440 g ha⁻¹ e. a. A aplicação dos tratamentos foi realizada no estádio V3 através do pulverizador costal pressurizado com CO₂ munido de bicos DG 110,02, mantido à pressão constante de 200 kPa e calibrado para vazão de 200 L ha⁻¹. Nas parcelas que não receberam glifosato, as plantas daninhas foram retiradas através de arranquio manual. O tratamento relacionado a adubação foliar constou da presença ou ausência do produto comercial TORPED (Oxiquímica) na dose de 1,5 L ha⁻¹. Este produto é um fertilizante foliar organomineral de classe A, utilizado para aplicações foliares. O produto contém a seguinte composição: Nitrogênio (N): 5,0%; Fósforo (P₂O₅): 8,0%; Potássio (K₂O): 8,0%; Cálcio (Ca): 1,0%; Magnésio (Mg): 0,5%; Enxofre (S): 2,5%; Zinco (Zn): 1,0%; Boro (B): 0,5%; Manganês (Mn): 0,5%; Cobre (Cu): 0,2%; Ferro (Fe): 0,1%; Molibdênio: 0,1%; Carbono Orgânico Total: 6,0%; Condutividade Elétrica (CE): 5,84 mS/cm; Índice Salino (IS): 75,5; Densidade à 20°C:

1,42 g/mL; Natureza Física: Suspensão Heterogênea, sendo que Zinco, Cobre, Manganês e Ferro complexados por 7% de aminoácidos.

As unidades experimentais corresponderam a parcelas com oito linhas de soja com espaçamento entre linhas de 0,45 m e o comprimento de 5 m, o que resultou em uma área de 18 m². A área útil da parcela correspondeu as quatro linhas centrais com a exclusão de 0,5 m em cada extremidade da parcela. A adubação antes da semeadura foi realizada com 300 kg ha⁻¹ de adubo químico NPK da fórmula 5-20-20 de acordo com a análise de solo (Tabela 2). As sementes foram tratadas com inseticida fipronil (Standak, suspensão concentrada, 50 g kg⁻¹ i. a.) na dose de 200 ml 100 kg⁻¹ de sementes e inoculadas com inoculante *Bradyrhizobium japonicum* estirpes SEMIA 5079 e 5080 (Nitragin Cell Tech HC) na dose de 300 ml 100 kg⁻¹ de semente, aplicado antes da semeadura. A semeadura foi realizada no dia 5 de janeiro de 2011, utilizando-se semeadora em linha com uma densidade de 13 a 15 plantas por metro linear.

O controle de insetos-praga foi realizado com o inseticida biológico *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, linhagem HD-I na dose de 16,80 g ha⁻¹ i. a. (Dipel, Suspensão concentrada, 33,60 g L⁻¹ i. a.), inseticida lambda-cialotrina (Karate Zeon 50, suspensão de encapsulado, 50 g . L⁻¹ i. a.) na dose de 5 g ha⁻¹ i. a. e metamidofós (Metamidofós Fersol 600, concentrado solúvel, 600 g L⁻¹) na dose de 500 ml ha⁻¹. O fungicida utilizado foi piraclostrobina e epoxiconazol (Opera, suspo/emulsão, piraclostrobina 133 g L⁻¹ i. a. e epoxiconazol 50 g L⁻¹ i. a.) na dose de 79 e 30 g i. a. ha⁻¹ respectivamente. O controle de insetos e doenças foi realizado 30 dias após a emergência (DAE) com o inseticida lambda-cialotrina, aos 40 DAE com a mistura de lambda-cialotrina e *Bacillus thuringiensis*, aos 60 DAE foi a mistura de Metamidofós e *Bacillus thuringiensis* e piraclostrobina e epoxiconazol, e aos 85 DAE somente aplicação do fungicida piraclostrobina e epoxiconazol. Foram realizadas três irrigações

de 20 mm cada durante o desenvolvimento da cultura, sendo a primeira logo após a semeadura, a segunda quando as plantas estavam no estágio V3 e a terceira no estágio de florescimento.

As avaliações realizadas foram fluorescência da clorofila, teores de clorofila A e B, teores de Fe e Mn, estatura de planta e componentes do rendimento e rendimento de grãos. A fluorescência da clorofila foi avaliada através de leituras realizadas no folíolo central do terceiro trifólio em três plantas de cada parcela. O aparelho utilizado foi o OS1-FL Chlorophyll Fluorometer (Opti-sciences). As leituras foram realizadas antes da aplicação do herbicida, 24 e 96 horas após a aplicação sendo todas realizadas no mesmo horário em cada avaliação. Os parâmetros analisados foram os mesmos descritos anteriormente no item 3.1.2. Os teores de clorofila A e B foram realizados com o auxílio do medidor eletrônico de teor de clorofila ClorofiLOG CFL1030 (Falker). As leituras foram feitas nos mesmos trifólios e folíolos que foram realizadas as leituras de fluorescência. A avaliação do teor de Fe e Mn foliar foi realizado através da coleta de 20 trifólios de cada parcela antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos e colocados em estufa com aeração. A amostragem para esta determinação correspondeu ao terceiro trifólio da planta coletado aleatoriamente nas quatro linhas centrais de cada parcela. Após a coleta, o material foi colocado em estufa a temperatura constante de 60°C até peso constante. As análises foram realizadas pelo método de digestão úmida nítrico-perclórica/ICP-OES/ 2 mg kg⁻¹ pelo Laboratório de Análises de solo da UFRGS. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e, quando houve significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

A avaliação do rendimento de grãos foi realizada com base nas plantas coletadas na área útil de cada parcela. Após a colheita, as plantas foram trilhadas e as sementes

foram limpas para a retirada de impurezas, com posterior secagem em estufa. O rendimento de grãos foi corrigido para 12% de umidade. Os componentes do rendimento foram avaliados em três plantas por parcela, onde foram quantificados o número de legumes por planta, peso de 100 grãos, número de ramos por planta e número de grãos por legume. A estatura das plantas foi avaliada pela medição da distância entre a base e o ápice da planta. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com complementação através do teste de Tukey ao nível de 5% de significância. As análises foram realizadas através do programa SAS versão 8.0.

3.2.4 Variabilidade do efeito de glifosato em cultivares de soja RR em comparação com cultivares isogênicas próximas.

O experimento foi conduzido em delineamentos de blocos casualizados com quatro repetições em arranjo fatorial. O fator A constou de 13 cultivares, sendo 6 cultivares convencionais e 7 cultivares transgênicas que foram obtidas através das empresas detentoras. O fator B constou da aplicação ou não do herbicida glifosato na dose de 900 g ha⁻¹ e. a. Os tratamentos avaliados são descritos na Tabela 3. O procedimento experimental, manejo e as avaliações realizadas foram os mesmos descritos no Item 3.2.3. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com complementação através do teste de comparação de médias de Dunnet ao nível de 5% de significância. As análises foram realizadas através do programa SAS versão 8.0.

TABELA 3. Cultivares convencionais e transgênicas utilizadas. Porto Alegre, RS, 2012.

Tratamento	Denominação	Isolinha parental
1.1* Fundacep 39	Convencional	-----
1.2 Fundacep 59 RR	Transgênica	Fundacep 39
2.1 RS - 7 Jacuí	Convencional	-----
2.2 Fepagro 36RR	Transgênica	RS - 7 Jacuí
3.1 Coodetec 206 RR	Convencional	-----
3.2 Coodetec 206 RR	Transgênica	Coodetec 206
4.1 BRS 137	Convencional	-----
4.2 BRS 255 RR	Transgênica	BRS 137
4.3 BRS Tertúlia RR	Transgênica	BRS 137
4.4 Fepagro 37RR	Transgênica	BRS 137
5.1 BRS 154	Convencional	-----
5.2 BRS Taura RR	Transgênica	BRS 154
6.1 BRS 153	Convencional	-----
6.2 BRS Estância RR	Transgênica	BRS 153

*Corresponde ao agrupamento de tratamentos relacionados a comparação da cultivar resistente ao herbicida glifosato e a sua cultivar isogênica próxima.

4 RESULTADOS

4.1 Avaliação do efeito da disponibilidade de Fe em interação com glifosato em experimento em solução nutritiva conduzidos em casa de vegetação

4.1.1 Fluorescência da clorofila

Foram realizadas avaliações da fluorescência da clorofila antes da aplicação do herbicida e 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação do herbicida glifosato. A ANOVA (Apêndices 12, 13, 14, 15 e 16) demonstrou interação entre os efeitos de ferro na solução e as doses do herbicida glifosato.

A fluorescência basal (Fs) para a cultivar convencional BRS 137 não apresentou diferenças em todas as avaliações realizadas. Já para a cultivar isogênica Fepagro 37 RR, a Fs foi menor na dose de 1080 g ha⁻¹ na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida nas plantas cultivadas com a presença de ferro na solução nutritiva (Tabela 4). Nesta mesma cultivar, considerando o efeito do nutriente na solução, a Fs foi maior nas plantas com Fe na solução quando da ausência de aplicação do herbicida (Tabela 4). Já na avaliação realizada 48 horas após a aplicação do herbicida, na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato, a Fs foi maior nas plantas conduzidas sem ferro na solução nutritiva na comparação entre as doses do herbicida e da presença deste nutriente na solução. A cultivar Tertúlia RR apresentou redução na Fs na

avaliação realizada 72 horas após a aplicação do herbicida na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato (Tabela 4).

TABELA 4. Fluorescência (Fs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Antes		24 horas		48 horas	
		0 µM Fe	40 µM Fe	0 µM Fe	40 µM Fe	0 µM Fe	40 µM Fe
BRS 137	0	345,92 ^{ns}	341,33 ^{ns}	342,58 ^{ns}	332,58 ^{ns}	330,25 ^{ns}	304,17 ^{ns}
	0	314,83 ^{ns}	329,17 ^{ns}	291,75 ^b	A 364,08 ^a	B 326,67	321,42 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	341,92 ^{ns}	352,83 ^{ns}	333,17 ^{ns}	B 301,42	B 331,67	295,92 ^{ns}
	2160	352,92 ^{ns}	304,92 ^{ns}	325,25 ^{ns}	A 362,58	A 384,67 ^a	307,83 ^b
BRS Tertúlia RR	0	346,42 ^{ns}	353,67 ^{ns}	347,92 ^{ns}	377,42 ^{ns}	329,00 ^{ns}	325,67 ^{ns}
	1080	361,83 ^{ns}	389,33 ^{ns}	384,75 ^{ns}	365,25 ^{ns}	339,92 ^{ns}	323,83 ^{ns}
	2160	361,75 ^{ns}	334,75 ^{ns}	367,83 ^{ns}	383,83 ^{ns}	346,42 ^{ns}	335,56 ^{ns}
CV %		10,36		12,54		9,11	

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	72 horas		96 horas	
		0 µM Fe	40 µM Fe	0 µM Fe	40 µM Fe
BRS 137	0	313,25 ^{ns}	304,67 ^{ns}	359,08 ^{ns}	331,92 ^{ns}
	0	280,42 ^{ns}	276,42 ^{ns}	307,33 ^{ns}	267,58 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	281,42 ^{ns}	266,42 ^{ns}	264,50 ^{ns}	241,75 ^{ns}
	2160	283,67 ^{ns}	272,04 ^{ns}	261,83 ^{ns}	261,17 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	319,42 ^{ns}	A 354,58	322,08 ^{ns}	314,92 ^{ns}
	1080	343,58 ^{ns}	A 324,75	347,50 ^{ns}	316,67 ^{ns}
	2160	345,00 ^{ns}	B 309,08	324,92 ^{ns}	322,92 ^{ns}
CV %		9,25		12,61	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida e em cada avaliação pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A fluorescência máxima (Fms) para a cultivar convencional BRS 137 foi maior nas plantas conduzidas com presença de ferro na solução nas avaliações realizadas as 48, 72 e 96 horas (Tabela 5). Para a cultivar Fepagro 37RR, na avaliação realizada 72 horas após a aplicação do herbicida, a aplicação do herbicida diminuiu a Fms nas plantas conduzidas com ferro na solução. Na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida, a dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato reduziu a Fms em relação a testemunha nas plantas conduzidas sem ferro na solução nutritiva. Nas plantas

conduzidas com ferro na solução, a dose de 1080 g ha⁻¹ reduziu a Fms em relação a ausência deste (Tabela 5). Para a cultivar BRS Tertúlia RR a dose de 1080 g ha⁻¹ reduziu a Fms nas plantas conduzidas com a presença de ferro na solução na avaliação realizada 48 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 5). Na avaliação realizada 96 horas a aplicação do herbicida a Fms diminui nas plantas conduzidas com ferro na solução nutritiva (Tabela 5).

TABELA 5. Fluorescência máxima (Fms) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Antes		24 horas		48 horas	
		0 µM Fe	40 µM Fe	0 µM Fe	40 µM Fe	0 µM Fe	40 µM Fe
BRS 137	0	1319,8 ^{ns}	1312,5 ^{ns}	1247,2 ^{ns}	1301,5 ^{ns}	1144,3 b	1216,0 a
	0	1079,5 ^{ns}	1032,9 ^{ns}	1194,7 ^{ns}	1196,6 ^{ns}	1182,9 ^{ns}	1226,5 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	1085,5 ^{ns}	1062,6 ^{ns}	1188,8 ^{ns}	1182,0 ^{ns}	1209,4 ^{ns}	1174,5 ^{ns}
	2160	1098,7 ^{ns}	1050,1 ^{ns}	1172,8 ^{ns}	1212,6 ^{ns}	1204,8 ^{ns}	1187,5 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	1305,6 ^{ns}	1338,5 ^{ns}	1282,0 ^{ns}	1318,5 ^{ns}	1225,5 ^{ns}	A 1269,1
	1080	1341,2 ^{ns}	1344,3 ^{ns}	1292,4 ^{ns}	1296,2 ^{ns}	1203,7 ^{ns}	B 1199,3
	2160	1337,5 ^{ns}	1319,9 ^{ns}	1242,2 ^{ns}	1246,2 ^{ns}	1214,0 ^{ns}	AB 1210,1
CV %		4,30		5,11		3,14	

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	72 horas		96 horas	
		0 µM Fe	40 µM Fe	0 µM Fe	40 µM Fe
BRS 137	0	1200,4 b	1366,0 a	1316,0 b	1382,7 a
	0	1190,5 b	A 1322,6 a	A 1193,6	A 1222,5
Fepagro 37RR	1080	1225,1 ^{ns}	B 1220,8	AB 1155,8	B 1153,1
	2160	1189,6 ^{ns}	B 1200,0	B 1117,5 b	AB 1213,2 a
BRS Tertúlia RR	0	AB 1307,9 b	1370,8 a	1386,2 ^{ns}	A 1434,4
	1080	A 1344,0	1330,3 ^{ns}	1376,0 ^{ns}	B 1349,4
	2160	B 1259,4	1318,4 ^{ns}	1355,6 ^{ns}	B 1363,4
CV %		3,40		3,62	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida e em cada avaliação pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A fluorescência variável (Fvs) para a cultivar BRS 137 foi menor nas avaliações realizadas as 48, 72 e 96 horas na ausência de ferro na solução nutritiva quando

comparadas com as plantas conduzidas com a presença de ferro (Tabela 6). A Fvs para a cultivar Fepagro 37RR foi menor somente da dose 2160 g ha⁻¹ de glifosato na avaliação realizada 48 horas após a aplicação do herbicida. Com as plantas conduzidas com a presença de ferro na solução nutritiva, as diferenças observadas em relação as doses do herbicida foram obtidas somente na avaliação realizada as 72 horas após a aplicação do herbicida, onde tanto as doses de 1080 de 2160 g ha⁻¹ de glifosato diminuíram a Fvs quando comparadas com a testemunha sem aplicação (Tabela 6). A cultivar Tertúlia RR apresentou decréscimo na Fvs nas leituras realizada 48 e 96 horas após a aplicação do herbicida glifosato somente nas plantas conduzidas na presença de ferro na solução nutritiva, sendo que as doses 1080 g ha⁻¹ e 2160 g ha⁻¹ de glifosato diferiram da testemunha sem a aplicação. A ausência de ferro na solução nutritiva diminuiu a Fvs quando foi aplicado o herbicida na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato em comparação com as doses 0 e 1080 g ha⁻¹ de glifosato na leitura realizada 72 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 6).

TABELA 6. Fluorescência variável (Fvs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Antes		24 horas		48 horas	
		0 µM Fe	40 µM Fe	0 µM Fe	40 µM Fe	0 µM Fe	40 µM Fe
BRS 137		973,92 ^{ns}	971,25 ^{ns}	904,67 ^{ns}	969,00 ^{ns}	814,08 b	911,83 a
	0	764,75 ^{ns}	703,75 ^{ns}	903,00 ^{ns}	832,58 ^{ns}	AB 856,25 b	905,08 a
Fepagro 37RR	1080	743,58 ^{ns}	709,83 ^{ns}	855,67 ^{ns}	880,58 ^{ns}	A 877,75	878,58 ^{ns}
	2160	745,83 ^{ns}	745,25 ^{ns}	847,58 ^{ns}	850,08 ^{ns}	B 820,17 b	879,75 a
	0	959,25 ^{ns}	984,92 ^{ns}	934,17 ^{ns}	941,08 ^{ns}	896,50 b	A 943,50 a
BRS Tertúlia RR	1080	979,42 ^{ns}	955,00 ^{ns}	907,67 ^{ns}	931,00 ^{ns}	863,83 ^{ns}	B 875,50
	2160	975,75 ^{ns}	985,17 ^{ns}	874,42 ^{ns}	862,42 ^{ns}	867,67 ^{ns}	B 874,56
CV %		6,07		6,84		3,81	

continuação TABELA 6. Fluorescência variável (Fvs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	72 horas		96 horas	
		0 µM Fe	40 µM Fe	0 µM Fe	40 µM Fe
BRS 137		887,17 b	1061,33 a	957,00 b	1050,83 a
	0	910,17 b	A 1046,25 a	886,33 b	954,92 a
Fepagro 37RR	1080	943,75 ^{ns}	B 954,42	891,33 ^{ns}	911,42 ^{ns}
	2160	906,00 ^{ns}	B 928,04	855,67 b	952,08 a
	0	A 988,50	1016,25 ^{ns}	1064,17 ^{ns}	A 1119,50
BRS Tertúlia RR	1080	A 1000,42	1005,58 ^{ns}	1028,58 ^{ns}	B 1032,75
	2160	B 914,42 b	1009,33 a	1030,75 ^{ns}	B 1040,50
CV %		4,76		4,64	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida e em cada avaliação pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

O outro parâmetro da fluorescência avaliado foi a eficiência quântica (Yield) (Tabela 7). Para este parâmetro, na cultivar BRS 137 as plantas que foram conduzidas na ausência de ferro tiveram uma menor Yield em relação a presença de ferro na solução nas leituras realizadas 48 e 72 horas após a aplicação do herbicida. Na cultivar Fepagro 37 RR, as diferenças ocorreram somente na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida para as plantas conduzidas com presença de ferro na solução, onde a eficiência quântica foi menor na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato. Para esta cultivar na avaliação 48 horas após a aplicação do herbicida glifosato e na ausência de ferro na solução nutritiva o Yield foi menor na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato. A cultivar Tertúlia RR mostrou uma maior estabilidade nas avaliações, onde somente na avaliação realizada às 72 horas após a aplicação a dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato a Yield diminuiu quando comparada com a testemunha sem a aplicação do herbicida (Tabela 7).

TABELA 7. Eficiência quântica (Yield) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Antes		24 horas		48 horas	
		0 μM Fe	40 μM Fe	0 μM Fe	40 μM Fe	0 μM Fe	40 μM Fe
BRS 137	0	0,738 ^{ns}	0,741 ^{ns}	0,725 ^{ns}	0,744 ^{ns}	0,711 b	0,749 a
	0	0,708 ^{ns}	0,674 ^{ns}	0,755 a	A 0,700 b	A 0,723	0,738 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	0,684 ^{ns}	0,668 ^{ns}	0,720 ^{ns}	AB 0,743	A 0,728	0,748 ^{ns}
	2160	0,678 ^{ns}	0,708 ^{ns}	0,722 ^{ns}	B 0,698	B 0,685 b	0,740 a
	0	0,734 ^{ns}	0,735 ^{ns}	0,727 ^{ns}	0,713 ^{ns}	0,732 ^{ns}	0,743 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	1080	0,730 ^{ns}	0,713 ^{ns}	0,702 ^{ns}	0,718 ^{ns}	0,718 ^{ns}	0,730 ^{ns}
	2160	0,730 ^{ns}	0,745 ^{ns}	0,701 ^{ns}	0,690 ^{ns}	0,712 ^{ns}	0,723 ^{ns}
CV %		4,18		4,37		2,72	

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	72 horas		96 horas	
		0 μM Fe	40 μM Fe	0 μM Fe	40 μM Fe
BRS 137	0	0,737 b	0,776 a	0,726 ^{ns}	0,761 ^{ns}
	0	0,764 ^{ns}	0,789 ^{ns}	0,741b	0,781 a
Fepagro 37RR	1080	0,769 ^{ns}	0,782 ^{ns}	0,770 ^{ns}	0,790 ^{ns}
	2160	0,761 ^{ns}	0,773 ^{ns}	0,765 ^{ns}	0,785 ^{ns}
	0	A 0,757	0,743 ^{ns}	0,768 ^{ns}	0,781 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	1080	AB 0,745	0,755 ^{ns}	0,749 ^{ns}	0,766 ^{ns}
	2160	B 0,726 b	0,765 a	0,761 ^{ns}	0,763 ^{ns}
CV %		2,81		3,47	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida e em cada avaliação pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Para o parâmetro da fluorescência relacionado a ETR antes da aplicação do herbicida, este foi maior para a cultivar Fepagro 37RR, intermediária para BRS Tertúlia e inferior para BRS 137 (Tabela 8).

TABELA 8. Taxa de transporte de elétrons (ETR) antes da aplicação das doses do herbicida glyphosate. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	ETR antes (μ mols elétrons $m^{-2} s^{-1}$)
BRS 137	C 18,38
Fepagro 37RR	A 36,95
BRS Tertúlia RR	B 23,45
CV %	13,90

Letras maiúsculas referem-se a comparação de médias na coluna e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A ETR 24 horas após a aplicação do herbicida glifosato para a cultivar BRS 137 não foi afetada com ausência e presença de ferro (Tabela 9). Para a cultivar Fepagro 37RR houve um aumento na ETR quando realizada a leitura 24 horas após a aplicação do herbicida nas doses de 1080 e 2160 g ha⁻¹ e. a. de glifosato quando as plantas foram cultivadas em solução hidropônica sem a presença de ferro. Ainda, na mesma cultivar, quando na ausência do herbicida o efeito do ferro foi superior ao tratamento sem ferro (Tabela 9), e na dose de 1080 g ha⁻¹ de glifosato a ETR foi superior nas plantas conduzidas sem ferro na solução. Para a cultivar BRS Tertúlia RR houve redução na ETR na dose 1080 g ha⁻¹ de glifosato. Com relação ao efeito de ferro, houve aumento na ETR apenas nas doses 1080 e 2160 g ha⁻¹ de glifosato, sendo que na ausência do herbicida não houve diferença (Tabela 9).

TABELA 9. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 24 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de ferro na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR 24 horas (μ mols elétrons m ⁻² s ⁻¹)	
		0 μM Fe	40 μM Fe
BRS 137	0	31,91 ^{ns}	30,50 ^{ns}
	0	B 16,00 b	26,78 a
Fepagro 37RR	1080	A 29,51 a	22,09 b
	2160	A 28,83	23,08 ^{ns}
	0	A 32,69	34,49 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	1080	B 26,48 b	34,78 a
	2160	AB 31,22 b	37,46 a
CV %		14,49	

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente (p<0,05) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Nas avaliações realizadas 48 horas após a aplicação do herbicida a cultivar BRS 137 não apresentou diferença na ETR em relação ao efeito do ferro na solução (Tabela 10). Para a cultivar Fepagro 37RR, a ETR diminui com ausência de ferro na solução quando aplicado a dose de 1080 g ha⁻¹ de glifosato em relação as plantas que receberam

a dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato. Nas plantas conduzidas com a presença de ferro na solução não foram observadas diferenças entre as doses aplicadas do herbicida. As plantas conduzidas com a presença de ferro na solução apresentaram menor ETR na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato. A cultivar BRS Tertúlia RR não apresentou diferenças na ETR aos 48 horas após a aplicação do herbicida glifosato nos diferentes tratamentos (Tabela 10).

TABELA 10. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 48 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de ferro na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR 48 horas (μ mols elétrons m ⁻² s ⁻¹)	
		0 μM Fe	40 μM Fe
BRS 137	0	26,88 ^{ns}	25,12 ^{ns}
	0	AB 31,86	29,93 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	B 26,97	25,87 ^{ns}
	2160	A 34,94 a	26,43 b
	0	29,53 ^{ns}	24,36 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	1080	28,54 ^{ns}	28,52 ^{ns}
	2160	25,70 ^{ns}	22,66 ^{ns}
	CV %	14,62	

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente (p<0,05) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 11 são apresentadas as diferenças da ETR 72 horas após a aplicação do herbicida. Na cultivar convencional BRS 137, que não recebeu a aplicação do herbicida, apresentou maior ETR devido a presença de ferro na solução nutritiva. A cultivar Fepagro 37RR apresentou semelhante ETR em relação as doses aplicadas do herbicida glifosato e com a ausência ou presença de ferro. Porém, na presença de ferro, a dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato aumentou a ETR quando comparada com a testemunha que não recebeu aplicação do herbicida (Tabela 11).

A cultivar Fepagro 37RR apresentou maior ETR nas plantas conduzidas com presença de ferro na solução nas doses de 1080 e 2160 g ha⁻¹ de glifosato em

comparação com as plantas conduzidas sem a presença de ferro na solução nutritiva (Tabela 11). Na cultivar BRS Tertúlia RR ocorreu aumento na ETR na dose 2160 g ha⁻¹ de glifosato em relação a testemunha sem aplicação nas plantas conduzidas com ausência de ferro na solução (Tabela 11). Nas plantas que não receberam a aplicação do herbicida a ETR foi maior em resposta a presença de ferro na solução. Nas plantas conduzidas com a presença de ferro, a dose 2160 g ha⁻¹ de glifosato diminuiu a ETR quando comparada com as demais doses. Porém, nesta mesma dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato, a ETR foi maior nas plantas cultivadas sem a presença de ferro na solução nutritiva.

TABELA 11. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 72 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de ferro na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR 72 horas (μ mols elétrons m ⁻² s ⁻¹)	
		0 μM Fe	40 μM Fe
BRS 137	0	14,82 b	20,75 a
	0	12,10 ^{ns}	B 11,29
Fepagro 37RR	1080	9,63 b	AB 13,43 a
	2160	10,17 b	A 15,99 a
BRS Tertúlia RR	0	B 17,42 b	A 20,96 a
	1080	AB 20,43	A 21,25
	2160	A 23,12 a	B 15,88 b
CV %		13,83	

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente (p<0,05) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 12 estão apresentadas as taxas de transporte de elétrons avaliado 96 horas após a aplicação do herbicida glifosato. Para a cultivar BRS 137 não houve diferença entre as plantas cultivadas com a presença e ausência de ferro na solução nutritiva. Para a cultivar Fepagro 37RR, não houve diferença entre as doses de herbicida. Para esta cultivar foi encontrado diferença somente em relação ao efeito do ferro na solução, onde a presença deste nutriente diminuiu a ETR (Tabela 12). Em

relação a cultivar BRS Tertúlia RR, houve uma redução na ETR nas plantas cultivadas sem ferro na solução nutritiva nas doses de 1080 e 2160 g ha⁻¹ de glifosato em relação às plantas sem a aplicação do herbicida. Considerando as plantas que foram conduzidas com ferro na solução nutritiva, foi verificado um aumento na taxa de transporte de elétrons devido ao herbicida glifosato. Analisando o efeito do ferro dentro de cada dose, pode-se observar que na ausência de herbicida as plantas cultivadas com ausência de ferro tiveram maior ETR em relação às plantas conduzidas com ferro na solução. Já nas doses de 1080 e 2160 g ha⁻¹ de glifosato houve um aumento na ETR em ambas as doses (Tabela 12).

TABELA 12. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 96 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de ferro na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR 96 horas (μ mols elétrons m ⁻² s ⁻¹)	
		0 μM Fe	40 μM Fe
BRS 137	0	18,83 ^{ns}	18,24 ^{ns}
	0	15,95 a	14,28 b
Fepagro 37RR	1080	14,73 ^{ns}	14,58 ^{ns}
	2160	14,69 ^{ns}	14,74 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	A 20,51 a	C 16,51 b
	1080	B 17,50 b	B 21,74 a
	2160	B 16,00 b	A 23,98 a
CV %		6,77	

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente (p<0,05) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

4.1.2 Massa seca e teor foliar de Fe nas plantas

A cultivar BRS 137 apresentou menor massa seca de plantas conduzidas com ausência de ferro em relação às plantas cultivadas com a presença de ferro na solução nutritiva (Tabela 13). Já a cultivar Fepagro 37RR não apresentou diferenças na massa seca de plantas entre os tratamentos realizados (Tabela 13). Na cultivar BRS Tertúlia RR, as doses de 1080 e 2160 g ha⁻¹ de glifosato reduziram a massa seca de plantas

conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva quando comparadas com a testemunha sem aplicação do herbicida.

TABELA 13. Massa seca da parte aérea em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Massa seca/planta (g)	
		0 µM Fe	40 µM Fe
BRS 137	0	12,97 b	15,93 a
	0	10,80 ^{ns}	10,79 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	10,43 ^{ns}	11,29 ^{ns}
	2160	9,55 ^{ns}	10,23 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	A 15,92	A 15,18
	1080	B 13,70	B 12,83
	2160	B 13,22	B 13,05
CV %		9,34	

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente (p<0,05) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A ANOVA do teor foliar de Fe indicou efeito dos tratamentos de Fe e herbicida (Apêndice 18). As plantas conduzidas na ausência de ferro na solução nutritiva e que não receberam herbicida apresentaram menor teor de ferro foliar (Tabela 14).

TABELA 14. Teores de ferro foliar em função da presença ou ausência de ferro na solução e presença ou ausência da aplicação do herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Tratamentos	Teor de Ferro (mg/kg)
Sem Ferro	B 87,00
Com Ferro	A 118,27

Sem Herbicida	B 94,33
Com Herbicida	A 115,08
CV %	21,83

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna e diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

4.2 Avaliação do efeito da disponibilidade de Manganês em interação com glifosato em experimento em solução nutritiva conduzido em casa de vegetação

4.2.1 Fluorescência da clorofila

Foram realizadas avaliações da fluorescência da clorofila antes da aplicação do herbicida e 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação do herbicida glifosato. A fluorescência basal (Fs) para a cultivar BRS 137 não foi afetada pelo efeito do manganês na solução nutritiva (Tabela 15). A cultivar Fepagro 37RR apresentou diferenças na Fs somente na avaliação realizada as 96 horas após a aplicação do herbicida onde a presença de manganês aumentou a Fs em relação a sua ausência. Já a cultivar BRS Tertúlia RR apresentou menor Fs nas plantas cultivadas com a presença de manganês na solução sem a aplicação de herbicida na avaliação realizada às 72 horas (Tabela 15).

TABELA 15. Fluorescência basal (Fs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Antes		24 horas		48 horas	
		0 µM Mn	0,5 µM Mn	0 µM Mn	0,5 µM Mn	0 µM Mn	0,5 µM Mn
BRS 137	0	280,83 ^{ns}	330,08 ^{ns}	275,75 ^{ns}	282,16 ^{ns}	313,16 ^{ns}	342,08 ^{ns}
	0	301,83 ^{ns}	338,75 ^{ns}	315,91 ^{ns}	307,91 ^{ns}	369,66 ^{ns}	320,66 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	316,58 ^{ns}	348,83 ^{ns}	330,16 ^{ns}	343,66 ^{ns}	328,50 ^{ns}	313,41 ^{ns}
	2160	329,41 ^{ns}	338,25 ^{ns}	327,75 ^{ns}	291,58 ^{ns}	299,91 ^{ns}	376,16 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	298,50 ^{ns}	349,66 ^{ns}	294,00 ^{ns}	298,33 ^{ns}	334,00 ^{ns}	421,50 ^{ns}
	1080	337,83 ^{ns}	389,91 ^{ns}	351,41 ^{ns}	310,16 ^{ns}	370,16 ^{ns}	341,41 ^{ns}
	2160	333,08 ^{ns}	340,25 ^{ns}	336,83 ^{ns}	338,58 ^{ns}	332,33 ^{ns}	374,91 ^{ns}
CV %		12,11		15,72		18,60	

continuação TABELA 15. Fluorescência basal (Fs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	72 horas		96 horas	
		0 μM Mn	0,5 μM Mn	0 μM Mn	0,5 μM Mn
BRS 137	0	252,66 ^{ns}	242,83 ^{ns}	350,33 ^{ns}	359,66 ^{ns}
	0	256,58 ^{ns}	240,33 ^{ns}	331,16b	350,58 a
Fepagro 37RR	1080	242,16 ^{ns}	239,66 ^{ns}	305,33 ^{ns}	324,83 ^{ns}
	2160	243,41 ^{ns}	258,33 ^{ns}	315,08 ^{ns}	283,77 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	248,25 b	A 283,91 a	315,83 ^{ns}	A 395,25
	1080	252,50 ^{ns}	B 255,00	320,75 ^{ns}	A 339,75
	2160	252,16 ^{ns}	B 248,58	325,16 ^{ns}	B 293,75
CV %		7,16		15,62	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem manganês e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida e em cada avaliação pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A Fms para a cultivar BRS 137 aumentou na avaliação realizada 24 horas a aplicação do herbicida nas plantas conduzidas na ausência de manganês na solução nutritiva, porém, nas demais avaliações realizadas esse efeito não foi verificado (Tabela 16). A Fms para a cultivar Fepagro 37RR, na avaliação realizada às 96 horas após a aplicação do herbicida na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato, foi menor nas plantas conduzidas na presença de manganês na solução nutritiva. No entanto, quando comparado o efeito deste nutriente na solução nesta mesma dose e avaliação foi verificado uma maior Fms nas plantas conduzidas sem manganês na solução nutritiva. Já a cultivar BRS Tertúlia RR apresentou maior Fms nas plantas conduzidas com ausência de manganês na dose de 1080 g ha⁻¹ de glifosato (Tabela 16). Quando analisadas o efeito das doses do herbicida, esta cultivar mostrou diminuição da Fms tanto na ausência como na presença de manganês na solução nutritiva na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato. Na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida, houve diminuição da Fms somente nas plantas conduzidas na presença de manganês na solução na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato (Tabela 16).

TABELA 16. Fluorescência máxima (Fms) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Antes		24 horas		48 horas	
		0 µM Mn	0,5 µM Mn	0 µM Mn	0,5 µM Mn	0 µM Mn	0,5 µM Mn
BRS 137	0	1168,7 ^{ns}	1126,1 ^{ns}	1240,0 a	1144,0 b	1258,8 ^{ns}	1223,4 ^{ns}
	0	1172,8 ^{ns}	1117,0 ^{ns}	1215,8 ^{ns}	1156,2 ^{ns}	1231,7 ^{ns}	1177,6 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	1185,5 a	1074,2 b	1201,0 ^{ns}	1179,3 ^{ns}	1213,3 ^{ns}	1162,0 ^{ns}
	2160	1131,7 ^{ns}	1097,8 ^{ns}	1177,7 ^{ns}	1139,8 ^{ns}	1192,1 ^{ns}	1288,0 ^{ns}
	0	1203,6 ^{ns}	1184,6 ^{ns}	1234,1 ^{ns}	1190,2 ^{ns}	1223,8 ^{ns}	1272,9 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	1080	1198,7 a	1124,3 b	1232,8 a	1156,4 b	1249,2 ^{ns}	1221,0 ^{ns}
	2160	1174,6 ^{ns}	1136,5 ^{ns}	1185,0 ^{ns}	1169,3 ^{ns}	1214,0 ^{ns}	1192,8 ^{ns}
CV %		4,3		3,96		8,39	

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	72 horas		96 horas	
		0 µM Mn	0,5 µM Mn	0 µM Mn	0,5 µM Mn
BRS 137	0	1253,5 ^{ns}	1223,0 ^{ns}	1337,2 ^{ns}	1367,5 ^{ns}
	0	1250,6 ^{ns}	1218,6 ^{ns}	1323,1 ^{ns}	A 1280,7
Fepagro 37	1080	1218,0 ^{ns}	1222,1 ^{ns}	1300,1 ^{ns}	A 1217,3
	2160	1199,0 ^{ns}	1186,6 ^{ns}	1232,6 a	B 1090,4 b
	0	A 1259,3	A 1291,5	1336,0 ^{ns}	A 1397,3
Tertúlia	1080	AB 1231,0	A 1264,0	1278,3 ^{ns}	A 1334,2
	2160	B 1196,4	B 1205,1	1325,0 ^{ns}	B 1246,1
CV %		3,55		5,47	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem manganês e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida e em cada avaliação pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A fluorescência variável (Fvs), para a cultivar BRS 137 foi maior nas plantas conduzidas na ausência de manganês na solução nutritiva (Tabela 17). Já a cultivar Fepagro 37RR, diminuiu a Fvs somente nas plantas conduzidas na ausência de manganês na solução nutritiva quando avaliadas 72 e 96 horas após a aplicação na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato. Quando comparado o efeito do herbicida dentro de cada tratamento com ausência e presença de manganês, as plantas conduzidas na ausência de manganês na solução tiveram maior Fvs nas doses de 1080 e 2160 g ha⁻¹ de glifosato na avaliação realizada as 96 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 17). Para a cultivar BRS Tertúlia RR, a dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato reduziu a Fvs na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida nas plantas conduzidas na ausência de

manganês na solução nutritiva e na avaliação realizada as 72 horas após a aplicação do herbicida tanto nas plantas conduzidas com ausência como nas plantas com a presença de manganês na solução nutritiva (Tabela 17).

TABELA 17. Fluorescência variável (Fvs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Antes		24 horas		48 horas	
		0 µM Mn	0,5 µM Mn	0 µM Mn	0,5 µM Mn	0 µM Mn	0,5 µM Mn
BRS 137	0	887,91 a	796,08 b	964,33 a	861,83 b	945,66 ^{ns}	881,33 ^{ns}
	0	871,00 a	778,25 b	899,91 ^{ns}	848,33 ^{ns}	862,08 ^{ns}	857,00 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	869,00 a	725,41 b	870,83 ^{ns}	835,66 ^{ns}	884,83 ^{ns}	848,66 ^{ns}
	2160	802,33 ^{ns}	759,58 ^{ns}	850,00 ^{ns}	848,25 ^{ns}	892,25 ^{ns}	911,83 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	905,16 ^{ns}	A 835,00	A 940,16	891,91 ^{ns}	889,83 ^{ns}	851,41 ^{ns}
	1080	860,91 a	B 734,41 b	AB 881,41	846,25 ^{ns}	879,08 ^{ns}	879,58 ^{ns}
	2160	841,58 ^{ns}	AB 796,33	B 848,25	830,75 ^{ns}	881,66 ^{ns}	817,91 ^{ns}
CV %		6,59		5,77		11,65	
Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	72 horas		96 horas			
		0 µM Mn	0,5 µM Mn	0 µM Mn	0,5 µM Mn		
BRS 137	0	1000,91 ^{ns}	980,16 ^{ns}	986,91 ^{ns}	1007,91 ^{ns}		
	0	A 994,08	978,33 ^{ns}	A 992,00	930,16 ^{ns}		
Fepagro 37	1080	A 975,91	982,50 ^{ns}	A 994,83 a	892,50 b		
	2160	B 955,66	928,33 ^{ns}	B 917,58 a	806,66 b		
Tertúlia	0	A 1011,08	A 1007,66	1020,16 ^{ns}	1002,08 ^{ns}		
	1080	AB 978,58	A 1009,00	957,58 ^{ns}	994,50 ^{ns}		
	2160	B 944,25	B 956,58	999,83 ^{ns}	952,41 ^{ns}		
CV %		3,7		6,13			

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem manganês e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida e em cada avaliação pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A eficiência quântica (Yield) para a cultivar BRS 137 não apresentou diferenças em relação a presença de manganês na solução nutritiva (Tabela 18). Já a cultivar Fepagro 37RR reduziu a Yield 72 horas após a aplicação do herbicida na dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato quando comparada com as demais doses do herbicida utilizadas. Para a cultivar BRS Tertúlia RR, as doses de 1080 e 2160 g ha⁻¹ de glifosato reduziram a Yield em relação a testemunha 72 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 18).

TABELA 18. Eficiência quântica (Yield) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Antes		24 horas		48 horas	
		0 μM Mn	0,5 μM Mn	0 μM Mn	0,5 μM Mn	0 μM Mn	0,5 μM Mn
BRS 137	0	0,759 a	0,707 b	0,777 ^{ns}	0,753 ^{ns}	0,751 ^{ns}	0,722 ^{ns}
	0	0,742 ^{ns}	0,696 ^{ns}	0,741 ^{ns}	0,734 ^{ns}	0,700 ^{ns}	0,728 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	0,732 a	0,672 b	0,725 ^{ns}	0,709 ^{ns}	0,728 ^{ns}	0,730 ^{ns}
	2160	0,708 ^{ns}	0,691 ^{ns}	0,722 ^{ns}	0,741 ^{ns}	0,746 ^{ns}	0,697 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	0,752 a	A 0,704 b	0,762 ^{ns}	0,750 ^{ns}	0,726 ^{ns}	0,668 ^{ns}
	1080	0,718 a	B 0,653 b	0,718 ^{ns}	0,729 ^{ns}	0,703 ^{ns}	0,719 ^{ns}
	2160	0,713 ^{ns}	A 0,701	0,714 ^{ns}	0,712 ^{ns}	0,722 ^{ns}	0,683 ^{ns}
CV %		4,84		5,06		7,17	

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	72 horas		96 horas	
		0 μM Mn	0,5 μM Mn	0 μM Mn	0,5 μM Mn
BRS 137	0	0,798 ^{ns}	0,801 ^{ns}	0,738 ^{ns}	0,741 ^{ns}
	0	0,794 ^{ns}	A 0,802	0,749 ^{ns}	0,728 ^{ns}
Fepagro 37RR	1080	0,800 ^{ns}	A 0,802	0,764 ^{ns}	0,732 ^{ns}
	2160	0,796 a	B 0,778 b	0,741 ^{ns}	0,731 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	0,802 a	B 0,779 b	0,763 ^{ns}	0,717 ^{ns}
	1080	0,794 ^{ns}	A 0,797	0,746 ^{ns}	0,745 ^{ns}
	2160	0,788 ^{ns}	A 0,794	0,754 ^{ns}	0,763 ^{ns}
CV %		1,59		4,46	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem ferro e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida e em cada avaliação pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A ETR quando avaliada antes da aplicação do herbicida glifosato para a cultivar Fepagro 37RR foi superior em relação a cultivar convencional BRS 137 (Tabela 19).

TABELA 19. Taxa de transporte de elétrons (ETR) antes da aplicação das doses do herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	ETR (μ mols elétrons $m^{-2} s^{-1}$)
BRS 137	B 26,72
Fepagro 37RR	A 31,53
BRS Tertúlia RR	AB 29,79
CV %	18,57

Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Na cultivar BRS 137 a ETR foi menor na ausência de manganês na solução nutritiva (Tabela 20). Na cultivar Fepagro 37RR, a ausência de manganês aumentou a ETR na dose 2160 g ha⁻¹ de glifosato. Comparando as doses do herbicida no tratamento onde as plantas foram conduzidas com presença de manganês na solução, observa-se o mesmo comportamento na taxa de transporte de elétrons. Porém, quando comparadas as plantas com ausência e presença de manganês na solução, a ETR foi superior em todas as doses do herbicida aplicadas (Tabela 20).

TABELA 20. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 24 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR 24 horas (μ mols elétrons m ⁻² s ⁻¹)	
		0 μ M Mn	0,5 μ M Mn
BRS 137	0	8,96 b	19,09 a
	0	B 12,18 b	B 16,28 a
Fepagro 37RR	1080	B 12,37 b	B 17,11 a
	2160	A 17,55 b	A 19,62 a
BRS Tertúlia RR	0	C 10,15 b	AB 17,89 a
	1080	B 12,83 b	B 16,89 a
	2160	A 13,99 b	A 19,08 a
CV %		8,06	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem manganês e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A ETR para a cultivar BRS Tertúlia RR aumentou com as doses de herbicida glifosato nas plantas conduzidas na ausência de manganês na solução. Nas plantas conduzidas na presença de manganês na solução, a dose 2160 g ha⁻¹ de glifosato também aumentou a taxa de transporte de elétrons em relação à dose 1080 g ha⁻¹ de glifosato. A ETR foi superior na dose 2160 g ha⁻¹ do herbicida glifosato para todas as cultivares transgênicas na ausência e presença do herbicida (Tabela 20).

Na avaliação 48 horas após a aplicação do herbicida a ETR da cultivar BRS 137 não apresentou diferença em relação à ausência e presença de manganês na solução

(Tabela 21). A mesma condição ocorreu para a cultivar Fepagro 37RR para as plantas conduzidas com ausência de manganês. Para esta cultivar nas plantas conduzidas na presença de manganês na solução, houve aumento da ETR após a aplicação do herbicida, porém, somente a dose 2160 g ha⁻¹ de glifosato (Tabela 21).

TABELA 21. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 48 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR 48 horas (μ mols elétrons m ⁻² s ⁻¹)	
		0 μ M Mn	0,5 μ M Mn
BRS 137	0	20,93 ^{ns}	26,02 ^{ns}
	0	27,32 ^{ns}	B 23,26
Fepagro 37RR	1080	22,38 ^{ns}	AB 32,08
	2160	18,28 b	A 46,45 a
	0	A 32,23	B 27,16
BRS Tertúlia RR	1080	A 31,96 a	B 20,47 b
	2160	B 20,38 b	A 38,17 a
CV %		28,21	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem manganês e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Na avaliação realizada 72 horas após a aplicação do herbicida glifosato, a ETR para a cultivar BRS 137 aumentou nas plantas conduzidas com a presença de manganês na solução quando comparadas com as plantas conduzidas sob deficiência deste nutriente (Tabela 22). Para a cultivar Fepagro 37RR, a ETR foi maior nas doses de 1080 e 2160 g ha⁻¹ em relação a testemunha. Quando as plantas foram conduzidas com presença de manganês na solução não foi observada diferença entre as doses do herbicida aplicado (Tabela 22).

TABELA 22. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 72 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR 72 horas (μ mols elétrons m ⁻² s ⁻¹)	
		0 μM Mn	0,5 μM Mn
BRS 137	0	3,11 b	4,16 a
Fepagro 37RR	0	B 3,23 b	4,18 a
	1080	A 3,80	3,98 ^{ns}
	2160	A 3,96	3,87 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	B 3,38 b	4,02 a
	1080	B 3,30 b	4,16 a
	2160	A 3,87	4,06 ^{ns}
CV %		43,35	

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem manganês e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Para a cultivar BRS Tertúlia RR, na ausência de manganês na solução nutritiva, a ETR a 72 horas após aplicação do herbicida aumentou somente na dose 2160 g ha⁻¹ de glifosato. Nas plantas conduzidas com presença de manganês na solução, não houve diferença significativa entre as doses aplicadas do herbicida glifosato. Avaliando o efeito do manganês na solução em cada dose, as plantas conduzidas com a presença de manganês tiveram um aumento da ETR na ausência de herbicida e na dose 1080 g ha⁻¹ de glifosato (Tabela 22).

A ETR avaliada 96 horas após a aplicação do herbicida glifosato para a cultivar BRS 137 não foi afetada pela presença ou ausência de manganês na solução nutritiva (Tabela 23). Para a cultivar Fepagro 37RR, nas plantas conduzidas na ausência de manganês na solução, não houve diferença entre as doses de herbicida. Já nas plantas conduzidas com a presença de manganês na solução foi observada diminuição na ETR com a aplicação das diferentes doses do herbicida glifosato (Tabela 23). Para a cultivar BRS Tertúlia RR a ETR foi maior quando aplicado 1080 g ha⁻¹ de glifosato nas plantas conduzidas com ausência de manganês.

TABELA 23. Taxa de transporte de elétrons (ETR) 96 horas após a aplicação das doses do herbicida glifosato em função da ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR 96 horas (μ mols elétrons m ⁻² s ⁻¹)	
		0 μM Mn	0,5 μM Mn
BRS 137	0	18,88 ^{ns}	15,41 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	13,19 b	A 26,14 a
	1080	14,86 b	B 18,98 a
	2160	13,46 ^{ns}	C 12,83
BRS Tertúlia RR	0	B 11,08 b	AB 19,04 a
	1080	A 16,73 b	A 22,54 a
	2160	B 10,81 b	B 15,56 a
CV %		17,52	

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente (p<0,05) dentro de cada tratamento com ou sem manganês e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

4.2.2 Massa seca e teor de Mn foliar nas plantas

A massa seca das plantas foi menor somente para a cultivar Fepagro 37RR devido a ausência de manganês na solução para o tratamento sem a aplicação do herbicida glifosato. As cultivares BRS 137 e BRS Tertúlia RR não apresentaram diferenças entre os tratamentos tanto da ausência ou presença de manganês na solução bem como em relação as doses do herbicida glifosato (Tabela 24).

TABELA 24. Massa seca da parte aérea em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Massa seca/planta (g)	
		0 μM Mn	0,5 μM Mn
BRS 137	0	9,63 ^{ns}	9,35 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	7,67 b	9,85 a
	1080	8,26 ^{ns}	8,93 ^{ns}
	2160	8,46 ^{ns}	8,63 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	8,11 ^{ns}	7,28 ^{ns}
	1080	7,24 ^{ns}	7,81 ^{ns}
	2160	7,04 ^{ns}	7,71 ^{ns}
CV %		12,86	

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna em cada genótipo e diferem entre si estatisticamente (p<0,05) dentro de cada tratamento com ou sem manganês e letras minúsculas na linha para cada dose do herbicida pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A ANOVA para o teor foliar de manganês apresentou efeito significativo para as interações de genótipos e manganês na solução, e manganês na solução e doses do herbicida glifosato (Apêndice 25). A cultivar Fepagro 37RR apresentou menor teor de Manganês foliar nas plantas conduzidas com a presença de manganês na solução nutritiva em relação as cultivares BRS 137 e BRS Tertúlia RR (Tabela 25). Em todas as cultivares analisadas o teor de manganês foliar foi maior nas plantas conduzidas com a presença deste nutriente na solução nutritiva (Tabela 25).

TABELA 25. Teores de Manganês foliar em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva. Porto Alegre, RS, 2012.

Genótipos	Teor de Manganês mg kg ⁻¹	
	Sem Mn	Com Mn
Brs 137	A 31,92 b	A 48,25 a
Fepagro 37RR	A 28,33 b	B 37,67 a
BRS Tertúlia RR	A 30,50 b	A 47,17 a

Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem manganês e letras minúsculas na linha para cada genótipo pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tanto na ausência como na presença de glifosato, as plantas conduzidas com manganês na solução nutritiva apresentaram maior teor foliar deste nutriente em relação as plantas conduzidas com ausência deste. A presença de glifosato aumentou o teor foliar de manganês nas plantas conduzidas com a presença de manganês na solução nutritiva (Tabela 26).

TABELA 26. Teor de manganês foliar com ausência e presença de manganês na solução nutritiva em função da aplicação do herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Tratamentos	Teor de Manganês mg kg ⁻¹	
	Sem Herbicida	Com Herbicida
Sem Manganês	B 29,89 a	B 29,39 a
Com Manganês	A 41,56 b	A 48,39 a

Letras maiúsculas referem-se à comparação de médias na coluna e diferem entre si estatisticamente ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento com ou sem herbicida e letras minúsculas na linha para cada tratamento com ou sem manganês pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

4.3 Variabilidade de cultivares de soja RR em comparação com cultivares isogênicas próximas

4.3.1 Avaliações da fluorescência da clorofila

As comparações realizadas referem-se aos efeitos de cada cultivar transgênica tratada ou não com o herbicida glifosato com a sua respectiva cultivar isogênica próxima. A cultivar Fepagro 36 RR apresentou menor Fluorescência basal (Fs) em comparação com a cultivar convencional RS-7 Jacuí na avaliação realizada 24 horas após a aplicação nas plantas que não receberam a aplicação do herbicida (Tabela 27). Outro grupo que apresentou mesmo resultado foi a comparação da cultivar BRS Taura RR em relação a cultivar convencional BRS 154 (Tabela 27).

TABELA 27. Fluorescência basal (Fs) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipo	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Fs		
		Antes	24 horas	96 horas
RS-7 Jacuí	0	221,5 ^{ns}	A 209,2	261,0 ^{ns}
Fepagro 36RR	0	215,6 ^{ns}	B 185,3	251,5 ^{ns}
Fepagro 36RR	900	212,7 ^{ns}	A 196,5	261,9 ^{ns}
CV %		13,28	4,64	11,32
BRS 153	0	206,4 ^{ns}	200,7 ^{ns}	259,7 ^{ns}
BRS Estância RR	0	224,8 ^{ns}	258,4 ^{ns}	232,6 ^{ns}
BRS Estância RR	900	219,8 ^{ns}	239,6 ^{ns}	245,9 ^{ns}
CV %		7,46	25,02	7,3
BRS 154	0	192,3 ^{ns}	A 204,5	233,5 ^{ns}
BRS Taura RR	0	198,3 ^{ns}	B 187,5	234,2 ^{ns}
BRS Taura RR	900	211,6 ^{ns}	A 191,6	234,2 ^{ns}
CV %		6,65	4,87	5,3
Fundacep 39	0	201,2 ^{ns}	189,9 ^{ns}	240,3 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	208,1 ^{ns}	190,6 ^{ns}	236,6 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	221,1 ^{ns}	196,6 ^{ns}	249,8 ^{ns}
CV %		9,57	8,72	4,60

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnet ao nível de 5% de significância.

continuação TABELA 27. Fluorescência basal (Fs) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipo	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Fs		
		Antes	24 horas	96 horas
BRS 137	0	B 190,4	206,9 ^{ns}	233,5 ^{ns}
BRS 255 RR	0	B 209,5	200,2 ^{ns}	234,3 ^{ns}
BRS 255 RR	900	B 191,9	206,8 ^{ns}	228,7 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	A 231,5	231,7 ^{ns}	232,0 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	900	B 215,6	209,4 ^{ns}	255,7 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	B 202,4	187,7 ^{ns}	239,0 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	A 233,5	191,8 ^{ns}	226,3 ^{ns}
CV %		10,37	13,24	8,27
Coodetec 206	0	207,0 ^{ns}	210,8 ^{ns}	242,9 ^{ns}
Coodetec 206 RR	0	213,5 ^{ns}	208,5 ^{ns}	228,7 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	202,6 ^{ns}	210,4 ^{ns}	236,5 ^{ns}
CV %		10,12	7,98	4,78

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de significância.

A fluorescência máxima (Fms) da cultivar transgênica BRS Estância RR foi menor em relação a sua isogênica BRS 153 na dose 0 e de 900 g ha⁻¹ de glyphosate na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 28). A cultivar transgênica BRS 255 RR apresentou maior Fms em relação a sua isogênica BRS 137 antes da aplicação do herbicida (Tabela 28). A Fms da cultivar Coodetec 206 RR foi menor em relação a sua isogênica Coodetec 206 nas plantas sem a aplicação do herbicida na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 28).

TABELA 28. Fluorescência máxima (Fms) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Fms		
		Antes	24 horas	96 horas
RS-7 Jacuí	0	503,3 ^{ns}	504,4 ^{ns}	738,8 ^{ns}
Fepagro 36RR	0	493,3 ^{ns}	535,4 ^{ns}	785,0 ^{ns}
Fepagro 36RR	900	536,2 ^{ns}	523,0 ^{ns}	751,3 ^{ns}
CV %		8,84	5,94	5,12
BRS 153	0	525,8 ^{ns}	544,9 ^{ns}	A 786,3
BRS Estância RR	0	518,3 ^{ns}	678,2 ^{ns}	B 676,1
BRS Estância RR	900	470,4 ^{ns}	612,2 ^{ns}	B 689,4
CV %		9,64	28,300	7,68
BRS 154	0	459,3 ^{ns}	502,3 ^{ns}	720,9 ^{ns}
BRS Taura RR	0	487,2 ^{ns}	468,3 ^{ns}	703,4 ^{ns}
BRS Taura RR	900	501,4	506,8 ^{ns}	716,5 ^{ns}
CV %		5,99	7,63	9,45
Fundacep 39	0	490,0 ^{ns}	470,8 ^{ns}	711,6 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	469,3 ^{ns}	469,7 ^{ns}	701,7 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	460,8 ^{ns}	524,0 ^{ns}	695,7 ^{ns}
CV %		6,99	11,23	5,30
BRS 137	0	B 441,8	491,6 ^{ns}	737,7 ^{ns}
BRS 255 RR	0	A 479,2	514,2 ^{ns}	713,0 ^{ns}
BRS 255 RR	900	B 423,0	481,5 ^{ns}	741,2 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	B 508,0	490,9 ^{ns}	674,6 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	900	B 482,1	495,7 ^{ns}	717,2 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	B 475,4	480,6 ^{ns}	648,0 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	B 515,3	447,2 ^{ns}	649,1 ^{ns}
CV %		10,88	8,52	10,2
Coodetec 206	0	457,4 ^{ns}	475,8 ^{ns}	A 761,9
Coodetec 206 RR	0	499,4 ^{ns}	443,9 ^{ns}	B 664,4
Coodetec 206 RR	900	445,0 ^{ns}	474,4 ^{ns}	A 710,0
CV %		8,40	4,64	5,53

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de significância.

Outro parâmetro da fluorescência avaliado foi a Fluorescência variável (Fvs).

Neste parâmetro a cultivar BRS Estância RR apresentou menor Fvs em relação a sua isogênica BRS 153 na dose 0 e 900 g ha⁻¹ de glyphosate na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 29). As demais comparações não indicaram diferenças entre a Fvs das cultivares transgênicas e convencionais.

TABELA 29. Fluorescência variável (Fvs) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Fvs		
		Antes	24 horas	96 horas
RS-7 Jacuí	0	281,8 ^{ns}	295,2 ^{ns}	477,8 ^{ns}
Fepagro 36RR	0	277,7 ^{ns}	332,8 ^{ns}	533,5 ^{ns}
Fepagro 36RR	900	323,5 ^{ns}	326,5 ^{ns}	489,4 ^{ns}
CV %		18,59	6,92	10,95
BRS 153	0	A 319,3	344,3 ^{ns}	A 526,6
BRS Estância RR	0	A 293,5	419,8 ^{ns}	B 443,5
BRS Estância RR	900	B 250,6	372,6 ^{ns}	B 443,5
CV %		13,53	31,25	11,03
BRS 154	0	267,0 ^{ns}	297,8 ^{ns}	487,4 ^{ns}
BRS Taura RR	0	289,0 ^{ns}	280,8 ^{ns}	469,2 ^{ns}
BRS Taura RR	900	289,8 ^{ns}	315,2 ^{ns}	482,4 ^{ns}
CV %		12,72	10,26	12,78
Fundacep 39	0	288,8 ^{ns}	280,9 ^{ns}	471,3 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	261,1 ^{ns}	279,1 ^{ns}	465,2 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	239,7 ^{ns}	327,4 ^{ns}	445,9 ^{ns}
CV %		10,68	14,80	8,59
BRS 137	0	251,4 ^{ns}	284,7 ^{ns}	504,2 ^{ns}
BRS 255 RR	0	269,7 ^{ns}	314,0 ^{ns}	478,8 ^{ns}
BRS 255 RR	900	231,0 ^{ns}	274,7 ^{ns}	512,5 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	276,3 ^{ns}	259,3 ^{ns}	442,6 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	900	266,4 ^{ns}	286,4 ^{ns}	461,6 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	272,9 ^{ns}	292,9 ^{ns}	409,0 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	281,7 ^{ns}	255,4 ^{ns}	422,8 ^{ns}
CV %		16,87	16,05	13,34
Coodetec 206	0	250,3 ^{ns}	265,0 ^{ns}	519,0 ^{ns}
Coodetec 206 RR	0	285,9 ^{ns}	235,3 ^{ns}	435,8 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	242,4 ^{ns}	264,0 ^{ns}	473,6 ^{ns}
CV %		12,67	13,28	8,53

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

A eficiência quântica (Yield) da cultivar Fepagro 36RR independente da aplicação do herbicida glifosato foi maior em relação a sua isogênica RS-7 Jacuí na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 30). A cultivar BRS Taura RR apresentou maior eficiência quântica na leitura realizada 24 horas após a

aplicação do herbicida na dose de 900 g ha⁻¹ de glyphosate em relação a sua isogênica BRS 154 (Tabela 30).

TABELA 30. Eficiência quântica (Yield) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Yield		
		Antes	24 horas	96 horas
RS-7 Jacuí	0	0,558 ^{ns}	B 0,582	0,646 ^{ns}
Fepagro 36RR	0	0,550 ^{ns}	A 0,635	0,673 ^{ns}
Fepagro 36RR	900	0,592 ^{ns}	A 0,617	0,649 ^{ns}
CV %		12,55	3,13	6,49
BRS 153	0	A 0,598	0,624 ^{ns}	0,668 ^{ns}
BRS Estância RR	0	A 0,564	0,592 ^{ns}	0,653 ^{ns}
BRS Estância RR	900	B 0,526	0,592 ^{ns}	0,633 ^{ns}
CV %		4,77	4,72	4,75
BRS 154	0	0,573 ^{ns}	B 0,581	0,674 ^{ns}
BRS Taura RR	0	0,586 ^{ns}	B 0,595	0,653 ^{ns}
BRS Taura RR	900	0,574 ^{ns}	A 0,620	0,666 ^{ns}
CV %		6,57	3,62	4,64
Fundacep 39	0	0,589 ^{ns}	0,595 ^{ns}	0,659 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	0,554 ^{ns}	0,591 ^{ns}	0,659 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	0,512 ^{ns}	0,622 ^{ns}	0,638 ^{ns}
CV %		7,43	5,08	3,88
BRS 137	0	0,569 ^{ns}	0,572 ^{ns}	0,682 ^{ns}
BRS 255 RR	0	0,556 ^{ns}	0,604 ^{ns}	0,667 ^{ns}
BRS 255 RR	900	0,542 ^{ns}	0,568 ^{ns}	0,690 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	0,538 ^{ns}	0,517 ^{ns}	0,647 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	900	0,544 ^{ns}	0,570 ^{ns}	0,636 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	0,563 ^{ns}	0,608 ^{ns}	0,627 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	0,540 ^{ns}	0,569 ^{ns}	0,627 ^{ns}
CV %		8,17	11,26	6,30
Coodetec 206	0	0,545 ^{ns}	0,555 ^{ns}	0,679 ^{ns}
Coodetec 206 RR	0	0,569 ^{ns}	0,521 ^{ns}	0,643 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	0,539 ^{ns}	0,550 ^{ns}	0,661 ^{ns}
CV %		7,44	8,99	2,88

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnet ao nível de 5% de significância.

A taxa de transporte de elétrons (ETR) da cultivar Fepagro 36RR na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida foi maior quando da aplicação do herbicida glifosato em relação a ausência deste (Tabela 31). Já na avaliação realizada 96

horas após a aplicação do herbicida, a aplicação do herbicida resultou em maior ETR na cultivar Fepagro 36RR em comparação com a ausência deste e com a sua isogênica RS-7 Jacuí (Tabela 31).

TABELA 31. Taxa de transporte de elétrons (ETR) de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR (μ mols elétrons m ⁻² s ⁻¹)		
		Antes	24 horas	96 horas
RS-7 Jacuí	0	154,6 ^{ns}	A 136,8	B 61,6
Fepagro 36RR	0	161,6 ^{ns}	B 89,3 b	B 80,6
Fepagro 36RR	900	154,8 ^{ns}	A 136,6 a	A 85,6
CV %		5,75	12,35	16,42
BRS 153	0	130,3 ^{ns}	82,6 ^{ns}	55,4 ^{ns}
BRS Estância RR	0	133,1 ^{ns}	123,4 ^{ns}	57,9 ^{ns}
BRS Estância RR	900	151,42 ^{ns}	140,4 ^{ns}	67,3 ^{ns}
CV %		25,49	22,31	18,41
BRS 154	0	115,0 ^{ns}	116,3 ^{ns}	52,4 ^{ns}
BRS Taura RR	0	94,0 ^{ns}	136,5 ^{ns}	64,1 ^{ns}
BRS Taura RR	900	98,8 ^{ns}	112,3 ^{ns}	73,5 ^{ns}
CV %		20,09	29,95	22
Fundacep 39	0	141,7 ^{ns}	177,2 ^{ns}	52,3 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	139,0 ^{ns}	160,7 ^{ns}	45,1 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	118,8 ^{ns}	147,8 ^{ns}	74,4 ^{ns}
CV %		18,29	16,3	16,53
BRS 137	0	148,2 ^{ns}	166,7 ^{ns}	60,9 ^{ns}
BRS 255 RR	0	168,5 ^{ns}	129,4 ^{ns}	66,3 ^{ns}
BRS 255 RR	900	146,9 ^{ns}	191,9 ^{ns}	60,4 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	189,1 ^{ns}	124,6 ^{ns}	68,7 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	900	209,5 ^{ns}	173,6 ^{ns}	71,8 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	140,0 ^{ns}	156,8 ^{ns}	86,8 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	183,7 ^{ns}	198,7 ^{ns}	88,4 ^{ns}
CV %		19,28	28,76	30,12
Coodetec 206	0	103,4 ^{ns}	A 176,0	52,6 ^{ns}
Coodetec 206 RR	0	112,9 ^{ns}	B 126,2	68,2 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	135,7 ^{ns}	A 156,0	86,7 ^{ns}
CV %		25,41	6,18	44,53

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnet ao nível de 5% de significância.

A cultivar Coodetec 206 RR apresentou menor ETR nas plantas que não receberam aplicação de glyphosate quando comparada com a sua isogênica Coodetec

206 convencional na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 31).

4.3.2 Avaliação dos teores de clorofila A, clorofila B e clorofila Total

O teor de clorofila A na maioria das cultivares transgênicas em comparação as suas linhas isogênicas próximas não foram afetados pela aplicação do herbicida glifosato. Somente a cultivar BRS Tertúlia RR apresentou maior teor de clorofila A nas plantas cultivadas tanto na ausência como na presença da aplicação do herbicida quando comparada a sua linha isogênica BRS 137 na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 32).

TABELA 32. Quantidade de Clorofila A de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Clorofila A (mg kg ⁻¹)		
		Antes	24 horas	96horas
RS-7 Jacuí	0	41,85 ^{ns}	45,02 ^{ns}	45,67 ^{ns}
Fepagro 36RR	0	43,02 ^{ns}	45,97 ^{ns}	44,55 ^{ns}
Fepagro 36RR	900	42,23 ^{ns}	43,28 ^{ns}	44,56 ^{ns}
CV %		2,84	3,71	2,9
BRS 153	0	41,02 ^{ns}	42,72 ^{ns}	44,07 ^{ns}
BRS Estância RR	0	40,92 ^{ns}	43,12 ^{ns}	45,28 ^{ns}
BRS Estância RR	900	42,57 ^{ns}	44,45 ^{ns}	43,23 ^{ns}
CV %		6,84	2,61	4,09
BRS 154	0	40,40 ^{ns}	43,65 ^{ns}	44,97 ^{ns}
BRS Taura RR	0	41,80 ^{ns}	44,08 ^{ns}	43,08 ^{ns}
BRS Taura RR	900	39,25 ^{ns}	44,08 ^{ns}	45,30 ^{ns}
CV %		6,50	5,28	5,25
Fundacep 39	0	42,45 ^{ns}	44,52 ^{ns}	46,12 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	41,50 ^{ns}	44,37 ^{ns}	47,11 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	42,14 ^{ns}	44,57 ^{ns}	43,19 ^{ns}
CV %		3,89	2,10	5,02

continuação TABELA 32. Quantidade de Clorofila A de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Clorofila A(mg kg ⁻¹)		
		Antes	24 horas	96horas
BRS 137	0	41,47 ^{ns}	41,42 ^{ns}	B 41,90 ^{ns}
BRS 255 RR	0	41,53 ^{ns}	42,48 ^{ns}	44,80 ^{ns}
BRS 255 RR	900	40,57 ^{ns}	41,90 ^{ns}	44,00 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	41,16 ^{ns}	44,80 ^{ns}	A 45,83 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	900	42,07 ^{ns}	44,43 ^{ns}	A 45,80 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	40,73 ^{ns}	42,80 ^{ns}	43,25 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	41,22 ^{ns}	39,50 ^{ns}	42,60 ^{ns}
CV %		3,07	8,17	4,70
Coodetec 206	0	43,25 ^{ns}	44,40 ^{ns}	45,90 ^{ns}
Coodetec 206 RR	0	43,20 ^{ns}	46,10 ^{ns}	45,68 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	42,77 ^{ns}	44,50 ^{ns}	47,10 ^{ns}
CV %		2,01	4,57	3,33

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnet ao nível de 5% de significância.

O teor de clorofila B na cultivar BRS Estância RR na dose de 900 g ha⁻¹ de glyphosate foi maior que a sua linha isogênica BRS 153 na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 33). A cultivar Fundacep 59 RR apresentou menor clorofila B do que sua isogênica Fundacep 39 na avaliação antes da aplicação do herbicida. Já a cultivar BRS Tertúlia RR apresentou maior teor clorofila B em relação a sua linha isogênica BRS 137 na dose zero e 900 g ha⁻¹ de glifosato na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 33).

TABELA 33. Quantidade de Clorofila B de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Clorofila B (mg kg ⁻¹)		
		Antes	24 horas	96 horas
RS-7 Jacuí	0	10,47 ^{ns}	10,95 ^{ns}	10,97 ^{ns}
Fepagro 36RR	0	10,55 ^{ns}	10,92 ^{ns}	10,95 ^{ns}
Fepagro 36RR	900	10,01 ^{ns}	9,25 ^{ns}	10,14 ^{ns}
CV %		8,92	8,88	10,34
BRS 153	0	9,15 ^{ns}	B 8,82	9,95 ^{ns}
BRS Estância RR	0	10,86 ^{ns}	B 9,40	11,20 ^{ns}
BRS Estância RR	900	10,87 ^{ns}	A 10,37	9,38 ^{ns}
CV %		16,88	9,59	19,45
BRS 154	0	9,80 ^{ns}	9,32 ^{ns}	10,35 ^{ns}
BRS Taura RR	0	9,60 ^{ns}	9,18 ^{ns}	9,55 ^{ns}
BRS Taura RR	900	8,65 ^{ns}	9,73 ^{ns}	11,03 ^{ns}
CV %		16,48	16,18	8,34
Fundacep 39	0	A 11,77	10,65 ^{ns}	11,52 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	B 9,87	9,99 ^{ns}	12,03 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	B 9,94	10,83 ^{ns}	10,27 ^{ns}
CV %		8,35	4,56	12,50
BRS 137	0	9,85 ^{ns}	9,27 ^{ns}	B 9,35
BRS 255 RR	0	10,03 ^{ns}	9,28 ^{ns}	10,03 ^{ns}
BRS 255 RR	900	8,90 ^{ns}	8,70 ^{ns}	9,63 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	10,73 ^{ns}	8,88 ^{ns}	A 11,37
BRS Tertúlia RR	900	10,32 ^{ns}	8,35 ^{ns}	A 11,12
Fepagro 37RR	0	8,95 ^{ns}	10,35 ^{ns}	9,00 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	9,47 ^{ns}	10,03 ^{ns}	9,25 ^{ns}
CV %		10,39	14,24	9,04
Coodetec 206	0	11,35 ^{ns}	10,45 ^{ns}	11,72 ^{ns}
Coodetec 206 RR	0	11,78 ^{ns}	10,92 ^{ns}	11,96 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	10,60 ^{ns}	10,98 ^{ns}	12,29 ^{ns}
CV %		7,49	14,81	6,41

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de significância.

A clorofila total da cultivar BRS Estância RR na dose de 900 g ha⁻¹ de glyphosate foi maior em relação a sua linha isogênica BRS 153 na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida. A cultivar BRS Tertúlia RR apresentou maior teor de clorofila total na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida quando comparada com a sua linha isogênica BRS 137 na dose zero e 900 g ha⁻¹ de glifosato (Tabela 34).

TABELA 34. Quantidade de Clorofila total de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Clorofila Total (mg kg ⁻¹)		
		Antes	24 horas	96 horas
RS-7 Jacuí	0	52,35 ^{ns}	55,97 ^{ns}	56,87 ^{ns}
Fepagro 36RR	0	53,62 ^{ns}	56,95 ^{ns}	55,70 ^{ns}
Fepagro 36RR	900	52,15 ^{ns}	52,56 ^{ns}	54,77 ^{ns}
CV %		3,41	4,35	3,32
BRS 153	0	50,17 ^{ns}	B 51,55	54,02 ^{ns}
BRS Estância RR	0	51,78 ^{ns}	B 52,48	56,48 ^{ns}
BRS Estância RR	900	53,47 ^{ns}	A 54,85	52,60 ^{ns}
CV %		8,63	3,46	6,91
BRS 154	0	50,22 ^{ns}	52,97 ^{ns}	55,32 ^{ns}
BRS Taura RR	0	51,40 ^{ns}	53,25 ^{ns}	52,63 ^{ns}
BRS Taura RR	900	47,87 ^{ns}	53,78 ^{ns}	56,33 ^{ns}
CV %		8,14	7,03	5,26
Fundacep 39	0	54,22 ^{ns}	55,17 ^{ns}	57,65 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	51,35 ^{ns}	54,36 ^{ns}	59,15 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	52,08 ^{ns}	55,36 ^{ns}	53,43 ^{ns}
CV %		4,56	2,13	6,26
BRS 137	0	51,30 ^{ns}	50,72 ^{ns}	B 51,25
BRS 255 RR	0	51,55 ^{ns}	51,75 ^{ns}	54,83 ^{ns}
BRS 255 RR	900	49,50 ^{ns}	50,58 ^{ns}	53,60 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	51,96 ^{ns}	55,18 ^{ns}	A 57,16
BRS Tertúlia RR	900	52,35 ^{ns}	54,43 ^{ns}	A 56,92
Fepagro 37RR	0	49,65 ^{ns}	51,68 ^{ns}	52,23 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	50,70 ^{ns}	47,83 ^{ns}	51,85 ^{ns}
CV %		4,07	8,89	5,22
Coodetec 206	0	54,60 ^{ns}	54,87 ^{ns}	57,62 ^{ns}
Coodetec 206 RR	0	55,00 ^{ns}	57,04 ^{ns}	57,65 ^{ns}
Coodetec 206 RR	1080	53,40 ^{ns}	55,48 ^{ns}	59,43 ^{ns}
CV %		2,50	6,37	2,53

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnet ao nível de 5% de significância.

4.3.3 Avaliação dos teores de Ferro e Manganês foliar

As avaliações dos teores de Fe e Mn foram realizadas para as cultivares BRS 154, BRS Taura RR, BRS 137, BRS Tertúlia RR e Fepagro 37RR. Estas cultivares foram escolhidas para estas análises devido a comporem grupos que apresentaram efeitos contrastantes em relação aos parâmetros eficiência quântica, ETR e teor de

clorofila . A cultivar BRS Taura RR apresentou menor teor de ferro nas folhas do que a sua cultivar isogênica BRS 154 antes e 24 horas após a aplicação do herbicida glifosato (Tabela 35). Já para o grupo composto pela cultivar convencional BRS 137 e as cultivares transgênicas BRS Tertúlia RR e Fepagro 37RR não houve diferenças entre estas e a cultivar convencional, em relação a aplicação do herbicida glifosato tanto para os teores foliares de ferro como para manganês foliar (Tabela 35).

TABELA 35. Teores de Ferro e Manganês em plantas de soja de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima avaliada antes e 24 horas após a aplicação de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Ferro mg kg ⁻¹		Manganês mg kg ⁻¹	
		Antes	24 horas	Antes	24 horas
BRS 154	0	A 138,29	A 152,75	79,75 ^{ns}	B 60,07
BRS Taura RR	0	B 101,25	B 111,00	70,00 ^{ns}	A 155,67 a
BRS Taura RR	900	B 88,00	B 104,20	77,70 ^{ns}	B 87,87 b
CV %		18,57	19,75	18,06	30,15
BRS 137	0	89,25 ^{ns}	90,50 ^{ns}	60,92 ^{ns}	76,25 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	125,98 ^{ns}	94,25 ^{ns}	83,07 ^{ns}	63,25 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	900	99,88 ^{ns}	99,28 ^{ns}	60,49 ^{ns}	66,58 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	84,34 ^{ns}	85,28 ^{ns}	92,58 ^{ns}	80,25 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	91,75 ^{ns}	97,75 ^{ns}	53,15 ^{ns}	56,25 ^{ns}
CV %		25,62	9,75	27,55	27,09

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de significância.

4.3.4 Altura de planta e componentes do rendimento de grãos

A cultivar Fepagro 36RR sem a aplicação do herbicida glyphosate apresentou maior altura de planta em relação a sua cultivar isogênica RS-7 Jacuí. A cultivar BRS Estância RR apresentou maior altura de plantas na dose de 900 g ha⁻¹ de glyphosate e maior número de legumes nas doses de zero e 900 g ha⁻¹ de glyphosate quando comparados com a sua linha isogênica BRS 153 (Tabela 36). Para a cultivar BRS Taura RR tratada com glifosato a altura de planta foi menor em relação a ausência deste herbicida e com a sua linha isogênica BRS 154 (Tabela 36). A cultivar BRS 255 RR

teve menor número de ramos na ausência do herbicida em relação a sua isogênica BRS 137. Já para a cultivar Coodetec 206 RR o número de ramos foi maior que a sua isogênica Coodetec 206 (Tabela 36).

TABELA 36. Altura de planta e número de ramos de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Altura de planta (cm)	Nº de ramos/planta
RS-7 Jacuí	0	B 56,7	4,89 ^{ns}
Fepagro 36RR	0	A 65,0	4,11 ^{ns}
Fepagro 36RR	900	B 61,3	5,72 ^{ns}

BRS 153	0	B 51,0	5,33 ^{ns}
BRS Estância RR	0	B 57,7	5,07 ^{ns}
BRS Estância RR	900	A 66,7	5,89 ^{ns}

BRS 154	0	A 72,0	5,33 ^{ns}
BRS Taura RR	0	A 67,5	5,92 ^{ns}
BRS Taura RR	900	B 64,3	5,56 ^{ns}

Fundacep 39	0	72,80 ^{ns}	6,08 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	75,70 ^{ns}	5,67 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	68,30 ^{ns}	7,22 ^{ns}

BRS 137	0	61,00 ^{ns}	A 7,11
BRS 255 RR	0	72,00 ^{ns}	B 4,67 b
BRS 255 RR	900	60,30 ^{ns}	A 6,92 a
BRS Tertúlia RR	0	62,00 ^{ns}	6,38 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	900	68,70 ^{ns}	7,44 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	64,30 ^{ns}	5,00 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	64,00 ^{ns}	5,70 ^{ns}

Coodetec 206	0	54,50 ^{ns}	B 4,17
Coodetec 206 RR	0	62,70 ^{ns}	A 5,14
Coodetec 206 RR	900	63,00 ^{ns}	A 5,44

ns – não significativo (p<0,05). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnet ao nível de 5% de significância.

O número de legumes por planta foi menor na cultivar Fepagro 36RR na ausência e presença do herbicida em relação a sua isogênica RS-7 Jacuí (Tabela 37).

Para a cultivar Fundacep 59 RR as plantas que receberam a aplicação do herbicida

glifosato apresentaram maior número de legumes em relação a sua linha isogênica Fundacep 39 e também em relação a testemunha sem aplicação do herbicida (Tabela 37). As cultivares BRS 255 RR e Fepagro 37RR apresentaram menor número de legumes em relação a cultivar BRS 137 (Tabela 37). Já para a cultivar BRS Tertúlia RR o número de legumes por planta foi maior nas plantas em que foi realizada a aplicação do herbicida em relação a cultivar BRS 137 (Tabela 37).

O peso de 100 grãos foi menor na cultivar BRS Estância RR com a aplicação de glifosato em relação a cultivar BRS 153 (Tabela 37). A cultivar BRS Taura RR teve menor peso de 100 grãos nas plantas em que foi aplicado o herbicida glifosato em relação a sua linha isogênica BRS 154. O peso de 100 grãos foi menor nas cultivares BRS 255 RR, BRS Tertúlia RR e BRS Fepagro 37RR independente da aplicação ou não do herbicida em comparação com a linha isogênica BRS 137 (Tabela 37). O número de grãos por legumes foi maior na cultivar Fepagro 36RR em relação a sua linha isogênica RS-7 Jacuí (Tabela 37). Os demais grupos de cultivares não apresentaram diferenças relacionadas a este componente do rendimento de grãos.

TABELA 37. Componentes do rendimento e rendimento de grãos de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Nº Legumes/planta	Peso 100 grãos (g)	Nº grãos/ legume	Rend. Final (kg ha ⁻¹)
RS-7 Jacuí	0	A 72,52	20,42 ^{ns}	B 1,51	A 3636,81
Fepagro 36RR	0	B 50,56	19,84 ^{ns}	A 2,07	A 3371,40 a
Fepagro 36RR	900	B 56,86	19,59 ^{ns}	B 1,95	B 2845,49 b

BRS 153	0	B 44,00	A 26,57	1,73 ^{ns}	A 3252,60
BRS Estância RR	0	A 54,22	B 20,74	1,98 ^{ns}	A 3034,95 a
BRS Estância RR	900	A 56,56	B 20,48	1,86 ^{ns}	B 2540,71 b

continuação TABELA 37. Componentes do rendimento e rendimento de grãos de diferentes cultivares transgênicas em comparação com a cultivar isogênica próxima. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Nº Legumes/planta	Peso 100 grãos (g)	Nº grãos/ legume	Rend. Final (kg ha ⁻¹)
BRS 154	0	50,22 ^{ns}	A 22,46	2,36 ^{ns}	A 3493,92
BRS Taura RR	0	64,92 a	B 18,79	2,25 ^{ns}	A 3539,41 a
BRS Taura RR	900	47,00 b	B 19,09	2,06 ^{ns}	B 2904,51 b

Fundacep 39	0	B 93,42	16,34 ^{ns}	1,76 ^{ns}	A 3686,46
Fundacep 59 RR	0	B 82,44 b	15,02 ^{ns}	1,62 ^{ns}	A 3406,83
Fundacep 59 RR	900	A 127,00 a	15,97 ^{ns}	1,92 ^{ns}	B 3142,36

BRS 137	0	A 79,22	A 20,63	1,70 ^{ns}	3151,98 ^{ns}
BRS 255 RR	0	B 60,89	B 17,17	1,78 ^{ns}	3302,78 ^{ns}
BRS 255 RR	900	B 61,58	B 16,27	1,87 ^{ns}	2973,96 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	0	70,06 b	B 17,89	1,73 ^{ns}	3483,33 ^{ns}
BRS Tertúlia RR	900	92,11 a	B 18,15	1,53 ^{ns}	3317,71 ^{ns}
Fepagro 37RR	0	B 62,22	B 17,96	1,60 ^{ns}	3496,28 ^{ns}
Fepagro 37RR	900	B 56,99	B 18,83	1,63 ^{ns}	3152,78 ^{ns}

Coodetec 206	0	69,17 ^{ns}	17,79 ^{ns}	1,57 ^{ns}	3315,50 ^{ns}
Coodetec 206 RR	0	74,90 ^{ns}	18,28 ^{ns}	1,99 ^{ns}	3184,75 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	80,24 ^{ns}	17,88 ^{ns}	2,23 ^{ns}	3354,79 ^{ns}

ns – não significativo ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes referem-se à comparação de médias na coluna em cada grupo de genótipos em relação a cultivar convencional isogênica próxima e letras minúsculas se referem a comparação na coluna entre as doses do herbicida nas cultivares transgênicas pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de significância.

O rendimento de grãos das cultivares Fepagro 36RR e BRS Estância RR foi menor na dose de 900 g ha⁻¹ de glyphosate em relação a sua respectiva cultivar isogênica e também quando comparada com as plantas sem a aplicação do herbicida (Tabela 37). A cultivar BRS Taura RR na dose de 900 g ha⁻¹ teve menor rendimento de grãos em relação a sua isogênica BRS 154 e também em relação às plantas sem a aplicação do herbicida. Na cultivar Fundacep 59 RR a aplicação do glifosato diminuiu o rendimento de grãos quando comparado com a sua isogênica Fundacep 39 (Tabela 37).

4.4 Efeitos da interação de glifosato e nutrientes no rendimento de grãos em soja

4.4.1 Fluorescência da clorofila

A ANOVA não demonstrou diferenças entre os efeitos dos tratamentos realizados sobre a fluorescência da clorofila (Apêndice 1). Na Tabela 38, estão apresentadas as médias da Fs nas diferentes avaliações realizadas.

TABELA 38. Fluorescência basal (Fs) em duas cultivares transgênicas em função da aplicação de adubo foliar e do herbicida glifosato avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Fs antes		Fs 24 horas		Fs 96 horas	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
CD 206 RR ¹	0	191,00 ^{ns}	227,90 ^{ns}	250,46 ^{ns}	222,00 ^{ns}	351,76 ^{ns}	298,80 ^{ns}
CD 206 RR ¹	900	182,90 ^{ns}	191,10 ^{ns}	230,30 ^{ns}	274,56 ^{ns}	257,56 ^{ns}	276,33 ^{ns}
CD 206 RR ¹	1440	201,10 ^{ns}	189,63 ^{ns}	276,20 ^{ns}	264,23 ^{ns}	259,80 ^{ns}	248,33 ^{ns}
Cep 59 RR ²	0	205,66 ^{ns}	187,66 ^{ns}	232,63 ^{ns}	238,80 ^{ns}	263,53 ^{ns}	248,33 ^{ns}
Cep 59 RR ²	900	204,80 ^{ns}	197,86 ^{ns}	238,53 ^{ns}	222,86 ^{ns}	282,33 ^{ns}	265,77 ^{ns}
Cep 59 RR ²	1440	215,33 ^{ns}	196,56 ^{ns}	251,33 ^{ns}	236,00 ^{ns}	256,43 ^{ns}	257,23 ^{ns}
CV %		10,65		9,6		15,65	

¹ Coodetec 206 RR. ² Fundacep 59 RR. ns – não significativo (p<0,05).

A fluorescência máxima (Fms) na avaliação realizada 24 horas após a aplicação dos tratamentos não foi diferente entre os tratamentos conforme mostrado pela análise da ANOVA (Apêndice 2, Tabela 39).

TABELA 39. Fluorescência máxima (Fms) em duas cultivares transgênicas em função da aplicação de adubo foliar e do herbicida glifosato avaliada 24 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Fms 24 horas	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
Coodetec 206 RR	0	553,90 ^{ns}	586,90 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	541,67 ^{ns}	582,57 ^{ns}
Coodetec 206 RR	1440	546,20 ^{ns}	562,00 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	548,00 ^{ns}	508,43 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	597,87 ^{ns}	507,33 ^{ns}
Fundacep 59 RR	1440	518,33 ^{ns}	546,77 ^{ns}
CV %		10,83	

ns – não significativo ($p < 0,05$).

Na avaliação realizada antes da aplicação dos tratamentos houve uma maior Fms nas plantas que receberam a aplicação do adubo foliar. Na avaliação realizada 96 horas após a aplicação dos tratamentos o maior índice de Fms foi observado nas plantas que não receberam a aplicação de adubo foliar (Tabela 40).

TABELA 40. Fluorescência máxima (Fms) para os tratamentos com e sem aplicação de adubo foliar nas avaliações realizadas antes e 96 horas após a aplicação do tratamento. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Tratamento	Fms	
	Antes	96 horas após
Sem Adubo Foliar	B 498,11	A 772,06
Com Adubo Foliar	A 533,98	B 746,61
CV %	10,65	8,64

Médias seguidas de letra maiúscula diferente na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A fluorescência variável nas avaliações realizadas antes e 24 horas após a aplicação dos tratamentos não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos testados (Tabela 41). Na avaliação realizada 96 horas após a aplicação dos tratamentos, a cultivar Fundacep 59 RR apresentou maior Fvs em relação a cultivar Coodetec 206 RR (Tabela 42).

TABELA 41. Fluorescência variável (Fvs) em duas cultivares transgênicas em função da aplicação de adubo foliar e do herbicida glifosato avaliada antes e 24 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Fvs antes		Fvs 24 horas	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
Coodetec 206 RR	0	275,46 ^{ns}	389,23 ^{ns}	303,43 ^{ns}	364,90 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	277,43 ^{ns}	314,23 ^{ns}	311,33 ^{ns}	308,00 ^{ns}
Coodetec 206 RR	1440	296,10 ^{ns}	333,10 ^{ns}	270,00 ^{ns}	297,80 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	353,37 ^{ns}	348,43 ^{ns}	315,33 ^{ns}	269,70 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	290,77 ^{ns}	317,57 ^{ns}	359,33 ^{ns}	284,47 ^{ns}
Fundacep 59 RR	1440	294,77 ^{ns}	310,53 ^{ns}	267,00 ^{ns}	310,80 ^{ns}
CV %		15,35		17,02	

ns – não significativo (p<0,05).

TABELA 42. Fluorescência variável (Fvs) em duas cultivares de soja transgênicas avaliadas 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Tratamento	Fvs
	96 horas após
Coodetec 206 RR	B 467,88
Fundacep 59 RR	A 506,43
CV %	17,36

Médias seguidas de letra maiúscula diferente na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

TABELA 43. Eficiência quântica (Yield) em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosat g ha ⁻¹ e. a.	Yield antes		Yield 24 horas		Yield 96 horas	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
CD 206 RR ¹	0	0,576 ^{ns}	0,619 ^{ns}	0,533 ^{ns}	0,616 ^{ns}	0,533 ^{ns}	0,629 ^{ns}
CD 206 RR ¹	900	0,588 ^{ns}	0,599 ^{ns}	0,548 ^{ns}	0,524 ^{ns}	0,674 ^{ns}	0,551 ^{ns}
CD 206 RR ¹	1440	0,585 ^{ns}	0,621 ^{ns}	0,476 ^{ns}	0,520 ^{ns}	0,647 ^{ns}	0,653 ^{ns}
Cep 59 RR ²	0	0,626 ^{ns}	0,637 ^{ns}	0,555 ^{ns}	0,500 ^{ns}	0,649 ^{ns}	0,677 ^{ns}
Cep 59 RR ²	900	0,583 ^{ns}	0,606 ^{ns}	0,585 ^{ns}	0,536 ^{ns}	0,627 ^{ns}	0,637 ^{ns}
Cep 59 RR ²	1440	0,579 ^{ns}	0,593 ^{ns}	0,515 ^{ns}	0,562 ^{ns}	0,680 ^{ns}	0,657 ^{ns}
CV %		6,67		9,45		12,19	

¹ Coodetec 206 RR. ² Fundacep 59 RR. ns – não significativo (p<0,05).

A eficiência quântica (Yield) não foi afetada pelos diferentes tratamentos e avaliações realizadas, conforme mostrado pela análise de médias (Tabela 43). A taxa de

transporte de elétrons na avaliação realizada antes da aplicação dos tratamentos foi significativa somente entre os tratamentos isolados de genótipos, adubo foliar e doses do herbicida (Apêndice 5). No entanto, estes efeitos não são apresentados devido a avaliação ser realizada antes da aplicação dos tratamentos. Na avaliação realizada 24 horas após a aplicação dos tratamentos, a cultivar Coodetec 206 RR apresentou menor ETR quando aplicado as doses de 900 e 1440 g ha⁻¹ de glifosato nas plantas sem a aplicação de adubo foliar. Nas plantas que receberam adubo foliar a dose de 1440 g ha⁻¹ de glifosato resultou maior ETR em relação a dose 900 g ha⁻¹ de glifosato e a testemunha sem aplicação do herbicida (Tabela 44). Considerando o efeito do adubo foliar dentro de cada dose do herbicida na cultivar Coodetec 206 RR, houve uma maior ETR nas plantas com aplicação do adubo foliar nas doses de 900 e 1440 g ha⁻¹ de glifosato em relação a testemunha que não recebeu este tratamento (Tabela 44).

Para a cultivar Fundacep 59 RR, a aplicação do herbicida reduziu a ETR nas plantas com e sem a aplicação de adubo foliar na avaliação realizada 24 horas após a aplicação dos tratamentos (Tabela 44). Na avaliação realizada 96 horas após a aplicação dos tratamentos, em ambas as cultivares, a dose de 900 g ha⁻¹ do herbicida aumentou a ETR considerando tanto o efeito de dose do herbicida como também do adubo foliar (Tabela 44).

TABELA 44. Taxa de transporte de elétrons (ETR) (μ mols elétrons $m^{-2} s^{-1}$) em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	ETR antes		ETR 24 horas		ETR 96 horas	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
CD 206 RR ¹	0	40,43 ^{ns}	C 36,73	A 265,9 a	B 123,03 b	43.47 ^{ns}	B 42.97
CD 206 RR ¹	900	39,36 b	A 111,76 a	B 46,86 b	B 125,36 a	43.47 b	A 111.30 a
CD 206 RR ¹	1440	40,46 b	B 58,93 a	B 43,93 b	A 163,00 a	45.33 ^{ns}	B 42.07
Cep 59 RR ²	0	A 147,23 a	38,96 b	A 248,70	A 246,13	41.53 ^{ns}	B 53.97
Cep 59 RR ²	900	B 38,23	36,90 ^{ns}	B 150,43 b	B 200,36 a	41.63 b	A 101.03 a
Cep 59 RR ²	1440	A 145,06 a	41,70 b	B 145,63 b	B 219,40 a	52.40 ^{ns}	B 41.40
CV %		16,14		9,15		14,07	

¹ Coodetec 206 RR. ² Fundacep 59 RR. ns – não significativo ($p < 0,05$). Médias seguidas de letra maiúscula diferente na coluna dentro de cada genótipo diferem estatisticamente no efeito de herbicida. Letras minúsculas diferem estatisticamente na linha em relação ao efeito de adubo foliar dentro de cada dose do herbicida na linha pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4.2 Teores de clorofila A, clorofila B e clorofila total

A análise de variância nas avaliações realizadas antes da aplicação, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos para os teores de clorofila A e B e clorofila total não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (Tabelas 45, 46 e 47).

TABELA 45. Clorofila A, B e Total em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes da aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Clorofila A (mg kg ⁻¹)		Clorofila B (mg kg ⁻¹)		Clorofila Total (mg kg ⁻¹)	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
CD 206 RR ¹	0	40,23 ^{ns}	41,70 ^{ns}	8,57 ^{ns}	9,67 ^{ns}	48.80 ^{ns}	51.40 ^{ns}
CD 206 RR ¹	900	39,40 ^{ns}	41,30 ^{ns}	8,27 ^{ns}	9,17 ^{ns}	47.67 ^{ns}	50.50 ^{ns}
CD 206 RR ¹	1440	41,83 ^{ns}	41,86 ^{ns}	8,93 ^{ns}	9,47 ^{ns}	50.77 ^{ns}	51.30 ^{ns}
Cep 59 RR ²	0	41,10 ^{ns}	41,41 ^{ns}	8,63 ^{ns}	9,15 ^{ns}	49.70 ^{ns}	50.65 ^{ns}
Cep 59 RR ²	900	43,73 ^{ns}	40,53 ^{ns}	8,12 ^{ns}	9,23 ^{ns}	49.59 ^{ns}	49.70 ^{ns}
Cep 59 RR ²	1440	41,36 ^{ns}	40,83 ^{ns}	9,27 ^{ns}	8,13 ^{ns}	50.63 ^{ns}	48.93 ^{ns}
CV %		4,21		12,25		4,99	

ns – não significativo ($p < 0,05$).

TABELA 46. Clorofila A, B e Total em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas 24 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Clorofila A (mg kg ⁻¹)		Clorofila B (mg kg ⁻¹)		Clorofila Total (mg kg ⁻¹)	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
CD 206 RR ¹	0	44,23 ^{ns}	43,20 ^{ns}	10,27 ^{ns}	10,13 ^{ns}	54,53 ^{ns}	51,53 ^{ns}
CD 206 RR ¹	900	43,40 ^{ns}	43,23 ^{ns}	9,70 ^{ns}	10,43 ^{ns}	53,07 ^{ns}	53,67 ^{ns}
CD 206 RR ¹	1440	43,27 ^{ns}	44,83 ^{ns}	9,43 ^{ns}	10,37 ^{ns}	52,70 ^{ns}	55,20 ^{ns}
Cep 59 RR ²	0	43,67 ^{ns}	43,41 ^{ns}	10,87 ^{ns}	10,04 ^{ns}	54,53 ^{ns}	53,60 ^{ns}
Cep 59 RR ²	900	42,97 ^{ns}	43,33 ^{ns}	9,43 ^{ns}	10,27 ^{ns}	52,43 ^{ns}	53,60 ^{ns}
Cep 59 RR ²	1440	44,87 ^{ns}	43,30 ^{ns}	10,70 ^{ns}	10,27 ^{ns}	55,57 ^{ns}	53,53 ^{ns}
CV %		3,07		9,43		4,51	

ns – não significativo (p<0,05).

TABELA 47. Clorofila A, B e Total em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Clorofila A (mg kg ⁻¹)		Clorofila B (mg kg ⁻¹)		Clorofila Total (mg kg ⁻¹)	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
CD 206 RR ¹	0	46,47 ^{ns}	47,53 ^{ns}	10,47 ^{ns}	11,30 ^{ns}	56,93 ^{ns}	58,83 ^{ns}
CD 206 RR ¹	900	44,70 ^{ns}	45,77 ^{ns}	10,90 ^{ns}	9,83 ^{ns}	55,53 ^{ns}	54,72 ^{ns}
CD 206 RR ¹	1440	44,37 ^{ns}	44,17 ^{ns}	10,03 ^{ns}	10,83 ^{ns}	54,37 ^{ns}	54,97 ^{ns}
Cep 59 RR ²	0	46,50 ^{ns}	47,69 ^{ns}	10,97 ^{ns}	11,61 ^{ns}	57,43 ^{ns}	59,37 ^{ns}
Cep 59 RR ²	900	43,57 ^{ns}	45,70 ^{ns}	10,57 ^{ns}	10,40 ^{ns}	54,13 ^{ns}	56,13 ^{ns}
Cep 59 RR ²	1440	45,77 ^{ns}	47,97 ^{ns}	10,87 ^{ns}	10,93 ^{ns}	56,63 ^{ns}	58,87 ^{ns}
CV %		5,27		9,19		4,96	

ns – não significativo (p<0,05).

4.4.3 Avaliação dos teores de Ferro e Manganês foliar

A análise de variância para os teores de Ferro (Tabela 48) e Manganês foliar (Tabela 49) não apresentou diferenças significativas pela análise de variância antes e 96 horas após a aplicação dos tratamentos.

TABELA 48. Teores de Ferro foliar em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Ferro antes (mg kg ⁻¹)		Ferro 96 horas (mg kg ⁻¹)	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
Coodetec 206 RR	0	245,0 ^{ns}	182,4 ^{ns}	114,0 ^{ns}	133,0 ^{ns}
Coodetec 206 RR	1440	143,0 ^{ns}	145,0 ^{ns}	126,0 ^{ns}	115,5 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	140,0 ^{ns}	133,0 ^{ns}	140,5 ^{ns}	100,0 ^{ns}
Fundacep 59 RR	1440	150,0 ^{ns}	145,5 ^{ns}	130,0 ^{ns}	116,5 ^{ns}
CV %		27,84		17,81	

ns – não significativo (p<0,05).

TABELA 49. Teores de Manganês foliar em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliadas antes e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Manganês antes (mg kg ⁻¹)		Manganês 96 horas (mg kg ⁻¹)	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
Coodetec 206 RR	0	78,0 ^{ns}	70,5 ^{ns}	74,0 ^{ns}	76,0 ^{ns}
Coodetec 206 RR	1440	88,5 ^{ns}	78,0 ^{ns}	78,5 ^{ns}	103,0 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	80,0 ^{ns}	88,5 ^{ns}	73,5 ^{ns}	80,0 ^{ns}
Fundacep 59 RR	1440	68,5 ^{ns}	62,5 ^{ns}	100,5 ^{ns}	103,0 ^{ns}
CV %		20,07		20,37	

ns – não significativo (p<0,05).

4.4.4 Altura de planta, componentes do rendimento e rendimento de grãos

A ANOVA para altura de planta, número de ramos e número de legumes por planta apresentou diferenças entre os genótipos (Apêndice 6). A cultivar Coodetec 206 RR apresentou menor altura de planta e número de ramos quando comparada com a cultivar Fundacep 59 RR (Tabela 50).

TABELA 50. Altura de planta, número de ramos e número de legumes/planta em duas cultivares de soja transgênicas Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipo	Altura de planta	Nº de ramos/planta	Nº de legumes/planta
Coodetec 206 RR	B 59,43	B 3,8	B 75,4
Fundacep 59 RR	A 75,74	A 5,7	A 82,4
CV %	11,7	28,86	18,92

Médias seguidas de letra maiúscula diferente na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O peso de 100 grãos e número de grãos por legume não apresentaram diferenças significativas em relação aos tratamentos (Tabela 51). A cultivar Coodetec 206 RR apresentou menor quantidade do número de legumes por planta em relação a cultivar Fundacep 59 RR (Tabela 52).

TABELA 51. Peso de 100 grãos e número de grãos/legume em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.	Peso 100 grãos (g)		Nº grãos/legume	
		Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar	Sem Ad. Foliar	Com Ad. Foliar
Coodetec 206 RR	0	17,17 ^{ns}	17,07 ^{ns}	2,05 ^{ns}	2,60 ^{ns}
Coodetec 206 RR	900	16,25 ^{ns}	16,97 ^{ns}	1,88 ^{ns}	2,03 ^{ns}
Coodetec 206 RR	1440	16,86 ^{ns}	18,17 ^{ns}	1,78 ^{ns}	2,05 ^{ns}
Fundacep 59 RR	0	15,26 ^{ns}	16,13 ^{ns}	1,86 ^{ns}	1,75 ^{ns}
Fundacep 59 RR	900	15,92 ^{ns}	15,91 ^{ns}	2,31 ^{ns}	2,12 ^{ns}
Fundacep 59 RR	1440	15,87 ^{ns}	15,71 ^{ns}	1,78 ^{ns}	2,09 ^{ns}
CV %		4,04		17,03	

ns – não significativo (p<0,05).

TABELA 52. Médias do número de legumes/planta. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipo	Nº de legumes
Coodetec 206 RR	B 75,4
Fundacep 59 RR	A 82,4
CV %	18,92

Médias seguidas de letra maiúscula na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O rendimento de grãos para a cultivar Coodetec 206 RR foi menor em relação a cultivar Fundacep 59 RR tanto na ausência como na presença de aplicação de adubo foliar (Tabela 53). O rendimento de grãos foi maior nas plantas sem a aplicação do

adubo foliar para a cultivar Fundacep 59 RR quando avaliado o efeito do adubo foliar (Tabela 53). Quando avaliado o efeito das doses do herbicida dentro de cada genótipo, a cultivar Coodetec 206 RR não apresentou diferença entre as doses aplicadas. Já para a cultivar Fundacep 59 RR a aplicação do herbicida glifosato resultou menor rendimento de grãos quando comparados com a testemunha sem aplicação do herbicida (Tabela 53).

TABELA 53. Análise do rendimento de grãos em duas cultivares de soja transgênica. Eldorado do Sul, RS, 2011.

Genótipos	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)				
	Adubo Foliar		Glyphosate g ha ⁻¹ e. a.		
	Sem	Com	0	900	1440
Coodetec 206 RR	B 2785,00 a	B 2783,36 a	B 2811,11 a	B 2848,38 a	B 2693,06 a
Fundacep 59 RR	A 3441,75 a	A 3206,62 b	A 3562,19 a	A 3244,21 b	A 3166,16 b
CV %	4,72				

Médias seguidas de letra maiúscula diferente na coluna diferem estatisticamente dentro de cada tratamento. Letras minúsculas na linha diferem entre si estatisticamente dentro de cada tratamento pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 DISCUSSÃO

5.1 Variabilidade de cultivares de soja RR em comparação com cultivares isogênicas próximas e efeitos da interação de glifosato e nutrientes no rendimento de grãos em soja

Os sintomas cloróticos visuais observados na soja RR após a aplicação do herbicida glifosato são considerados não-persistentes e possuem tendência de desaparecimento dentro das primeiras duas semanas após a aplicação do herbicida (Reddy & Zablutowicz, 2003). No entanto, existem estudos em que estes sintomas persistiram por mais tempo chegando ao estágio R1, onde os efeitos do herbicida, mesmo em uma única aplicação, foram relacionados a alterações em parâmetros fotossintéticos e na fluorescência de clorofila (Zobiolo *et al.*, 2011a). No presente estudo, foram avaliadas diferentes cultivares transgênicas em comparação com as suas respectivas linhas isogênicas próximas, como forma de avaliar as consequências da aplicação do herbicida glifosato em interação com a disponibilidade de micronutrientes. Os parâmetros relacionados à fluorescência apresentaram comportamento diferenciado entre os grupos de cultivares analisados (Tabelas 27, 28 e 29). A cultivar BRS Estância RR apresentou menor Fms (Tabela 28) e Fvs (Tabela 29) em relação a sua linha isogênica BRS 153 na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida glifosato. A cultivar Coodetec 206 RR apresentou menor Fms (Tabela 28) somente nas plantas sem a aplicação do herbicida em relação a sua linha isogênica Coodetec 206,

enquanto que a Fvs não apresentou alterações (Tabela 29). Porém, a eficiência quântica dada pela razão Fvs/Fms não foi alterada nestas cultivares (Tabela 30). No grupo composto pela cultivar Fepagro 36RR e sua linha isogênica RS-7 Jacuí, a cultivar transgênica apresentou maior eficiência quântica (Tabela 30) em relação a sua linha isogênica, independente da aplicação do herbicida, mesmo não apresentando diferenças em Fvs (Tabela 29) e Fms (Tabela 28). Além disso, a eficiência quântica da cultivar BRS Taura RR foi superior em relação a sua linha isogênica BRS 154 com a aplicação do herbicida (Tabela 30).

A eficiência quântica é uma estimativa da atividade fotoquímica da planta que expressa a captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do fotossistema II e pode representar a eficiência do transporte de elétrons através desse fotossistema, sendo também um indicador de danos fotoinibitórios (Krause & Weiss, 1991). Alguns autores afirmam que qualquer alteração em Fvs ou Fms conseqüentemente altera a eficiência quântica (Zobiolo *et al.*, 2011a), o que não ocorreu no presente estudo, onde foi demonstrado que modificações em Fvs ou Fms não se refletiram em alterações da eficiência quântica (Tabelas 28, 29 e 30).

Estudos realizados para encontrar valores da eficiência quântica ideal, em que a maioria das plantas seriam consideradas em condições não estressantes, demonstraram que os valores podem variar de 0,750 a 0,850 e que valores inferiores a esses indicariam uma planta sob condição de estresse, reduzindo a eficiência quântica máxima do fotossistema II e, por conseqüência, o potencial fotossintético da planta (Maxwell & Johnson, 2000). No presente estudo, os valores da eficiência quântica encontrados na comparação das cultivares transgênicas com suas linhas isogênicas próximas situam-se entre 0,582 e 0,635. Nesta avaliação, ocorreram diferenças somente nas comparações entre cultivares transgênicas e suas respectivas linhas isogênicas próximas, neste caso,

as cultivares Fepagro 36RR e BRS Taura RR com as suas linhas isogênicas próximas RS-7 Jacuí e BRS 154 respectivamente (Tabela 30). No estudo relacionado à utilização de micronutrientes foliares, a eficiência quântica não foi alterada nas diferentes avaliações realizadas, apresentando valores entre 0,476 e 0,680 (Tabela 43). As plantas não apresentaram situação de estresse tanto pela aplicação do adubo foliar como pela utilização do herbicida glifosato em ambas as cultivares, mesmo havendo diferenças na Fvs em relação às cultivares onde a cultivar Fundacep 59 RR apresentou maior Fvs do que a Coodetec 206 RR (Tabela 42) e na Fms apresentando diferenças somente em relação à aplicação do adubo foliar onde a Fms foi maior nas plantas que não receberam a aplicação do adubo foliar (Tabela 40). Estes resultados corroboram os estudos de Maxwell & Johnson (2000) e de Zobiolo *et al.* (2011a), onde as diferenças apresentadas nos parâmetros Fvs e Fms não tiveram relação direta com a eficiência quântica, sendo que alterações em Fms e Fvs não implicaram em alterações na eficiência quântica. Em ambos estudos realizados no presente trabalho, a eficiência quântica esteve abaixo dos valores de referência para plantas conduzidas na ausência de estresses de 0,750 a 0,850 (Maxwell & Johnson, 2000), mesmo nas situações controle. Assim, o valor de referência apresentado pode não ser representativo em relação a generalizações para diversas cultivares ou situações de cultivo. Em estudo realizado com a utilização de aminoácidos, isolado ou combinado com glifosato na dose de 1800 g ha⁻¹ na cultivar de soja BRS 242 RR, não ocorreram diferenças na eficiência quântica nos diferentes tratamentos em relação a sua linha isogênica Embrapa 58 CV (Zobiolo *et al.*, 2011b).

Outro parâmetro importante da fluorescência é a taxa de transporte de elétrons, que é uma medida em tempo real da atividade fotoquímica dos fotossistemas, sendo mais sensível às variações das condições ambientais em comparação com a eficiência quântica (Pimentel *et al.*, 2011). O fluxo de elétrons do fotossistema II indica, de modo

geral, a taxa de fotossíntese e a ocorrência de danos ao fotossistema II se constitui como a primeira manifestação de estresse na folha da planta (Maxwell & Johnson 2000). No experimento relacionado ao estudo das cultivares transgênicas com as suas linhas isogênicas próximas, foram verificados diferenças nos valores de ETR, onde a cultivar Fepagro 36RR, sem a aplicação do glifosato, apresentou menor ETR em relação a sua linha isogênica RS-7 Jacuí na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida. Nesta mesma avaliação, comparando somente a cultivar transgênica Fepagro 36RR com e sem a aplicação do glifosato, a ETR foi maior nas plantas que receberam a aplicação do herbicida (Tabela 31). Na avaliação de 96 horas após a aplicação do herbicida, a ETR foi maior na cultivar Fepagro 36RR quando recebeu a aplicação do glifosato em relação a sua linha isogênica RS-7 Jacuí (Tabela 31). Outro grupo que apresentou diferenças foi em relação a cultivar Coodetec 206 RR que teve menor ETR nas plantas que não receberam aplicação do glifosato em comparação a sua linha isogênica Coodetec 206 (Tabela 31).

Os resultados encontrados neste experimento corroboram os de Zobiole *et al* (2011a), onde o glifosato reduziu a ETR em plantas de soja de primeira geração sendo que o efeito foi maior quando o glifosato foi aplicado na dose de 2400 g ha⁻¹ em diferentes estádios de aplicação, e nas plantas de segunda geração este efeito foi mais evidenciado na mesma dose do herbicida, porém, em aplicações no estágio V6. Em experimento realizado com a aplicação de glifosato em *Brachiaria decumbens*, a redução da ETR foi lenta, sendo que a inibição total se deu 168 horas após a aplicação do herbicida (Araldi *et al.*, 2011).

No experimento com a utilização de adubo foliar e a aplicação de glifosato, na comparação dentro de cada dose do herbicida sob efeito somente do adubo foliar, tanto a dose de 1080 como 2160 g ha⁻¹ reduziram a ETR nas plantas que não receberam o

adubo foliar quando avaliado 24 horas após a aplicação dos tratamentos (Tabela 44). Já quando realizada a avaliação 96 horas após a aplicação dos tratamentos este efeito não foi observado (Tabela 44).

Os efeitos relacionados ao efeito sobre a ETR em soja transgênica podem ser mais evidentes se realizadas avaliações por períodos mais longos após a aplicação do herbicida. A explicação para isto é devido ao fato do mecanismo de ação do glifosato estar relacionado à inibição da síntese de aminoácidos aromáticos e não diretamente a inibição do fotossistema II, o que faz com que os danos deste herbicida não possam ser verificados nas avaliações iniciais. As pequenas oscilações da ETR ocorridas ao longo do período avaliado devem-se às condições do ambiente, visto que a capacidade fotossintética das plantas pode ser alterada por estresses bióticos ou abióticos pelos quais as plantas podem sofrer, como temperatura, radiação, deficiência hídrica, salinidade, presença de insetos ou fungos, entre outros (Bown *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2002). No entanto, os efeitos secundários relacionados à imobilização de nutrientes causada pelo herbicida glifosato possuem maior importância de ocorrência logo após a aplicação e isto está relacionado ao fato do período de avaliação destes efeitos no presente estudo terem sido concentrados nas primeiras 96 horas após a aplicação.

Os efeitos sobre as quantidades de clorofila também são importantes para a avaliação do dano causado pela aplicação do herbicida glifosato. No presente estudo, o efeito do glifosato nos teores de clorofila em soja transgênica não foi evidenciado na maioria das cultivares. Somente um grupo de comparação que apresentou diferenças nos teores de clorofila *a*, *b* e *Total* quando comparada a sua linha isogênica. A cultivar BRS Tertúlia RR independentemente da aplicação do herbicida apresentou maior teor de clorofila *a*, *b* e *Total* em relação a sua isogênica BRS 137 (Tabelas 32, 33 e 34). Quando analisados os efeitos do glifosato com a aplicação de adubo foliar em duas cultivares de

soja transgênica, os teores de clorofila não apresentaram diferenças para as cultivares Coodetec 206 RR e Fundacep 59 RR (Tabelas 45, 46 e 47).

As clorofilas *a* e *b* são interconvertidas no ciclo da clorofila e formam complexos de clorofila-proteína, que são importantes na regulação e na organização do fotossistema (Moraes *et al.*, 2007). Os pigmentos de clorofila *a* e *b* absorvem a luz necessária para a fotossíntese e são responsáveis pela transformação desta em energia, processo este que ocorre nos cloroplastos onde estão localizados os fotossistemas (Meschede *et al.*, 2011). Em estudos realizados com cana-de-açúcar a aplicação do glifosato mostrou efeito deletério no teor de clorofila quando aplicado na dose de 144 g ha⁻¹ e. a. sendo que quando a dose foi reduzida para 72 g ha⁻¹ e. a. estes efeitos não foram evidenciados (Meschede *et al.*, 2011). Já para a cultura da soja transgênica, o glifosato aplicado em doses mais elevadas (2400 g ha⁻¹ e. a.) e em estádios mais tardios (V6) diminuiu significativamente o teor de clorofila (Zobiolo *et al.*, 2011a). O efeito prejudicial do glifosato na clorofila é devido a imobilização de Mg ou Mn que são necessários para a formação da clorofila comprometendo a realização da fotossíntese (Cakmak *et al.*, 2009). No presente estudo, os efeitos negativos relacionados aos teores de clorofila causados pelo glifosato não foram evidenciados em ambos os experimentos, e isto pode estar relacionado ao pequeno efeito deste herbicida na imobilização dos nutrientes conforme resultados dos experimentos conduzidos em casa de vegetação (item 5.2) e em condições de campo conforme descrição abaixo.

Os efeitos negativos do glifosato na cultura da soja em relação à disponibilidade de Ferro e Manganês foliar no presente estudo não foram comprovados de forma generalizada como consequência da aplicação do herbicida nas cultivares avaliadas. No experimento realizado com diferentes cultivares transgênicas e suas linhas isogênicas próximas, foi constatado que, dentre as cultivares analisadas, somente a cultivar BRS

Taura RR apresentou menor teor de Ferro foliar independente da aplicação do glifosato diferindo da sua linha isogênica BRS 154 (Tabela 35). Já o outro grupo de cultivares não apresentou diferenças em relação a este nutriente em todas as avaliações realizadas (Tabela 35). Em relação ao teor de Mn na folha, a cultivar BRS Taura RR apresentou menor teor de Mn na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do glifosato em relação à testemunha quando não aplicado o herbicida (Tabela 35). Para o experimento em que foi realizada a aplicação de adubo foliar não houve diferenças na disponibilidade dos nutrientes Fe e Mn (Tabelas 48 e 49). O resultado deste efeito pode estar relacionado com os níveis de disponibilidade no solo destes micronutrientes. Conforme análise de solo (Tabela 2) os níveis para ferro são considerados baixos e de manganês altos em relação aos níveis de referência descritos no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC (2004). Assim, considerando que a disponibilidade de ferro no solo é baixa, as diferenças entre os genótipos podem estar relacionada com a capacidade de cada genótipo em acumular ferro em ferritina. A ferritina é uma proteína de armazenamento de ferro encontrada em plantas, animais e bactérias (Zhao, 2010). Estas proteínas tem a capacidade de armazenar uma quantidade maior de ferro na planta sem que este seja tóxico, sendo então liberado para atender as necessidades metabólicas das células em situação de deficiência da planta (Meiliang, 2012). Os intervalos de deficiência de Fe e Mn são descritos como sendo de 50 a 100 mg kg⁻¹ e 10 a 20 mg kg⁻¹, respectivamente dependendo da espécie da planta e cultivar (Marschner, 1995). Teores deficientes de Fe, Mn, Zn, Cu e B na cultivar BRS 242 RR de ciclo precoce foram relacionados com a consequência do gene de resistência ao herbicida glifosato e com o efeito específico da aplicação deste em aplicação única na dose de 1200 g ha⁻¹ e. a. ou em aplicação seqüencial (Andrade & Rosolem, 2011). No presente estudo, a menor disponibilidade do Mn em relação a aplicação do herbicida

está de acordo com os resultados de Andrade & Rosolem (2011). Porém, a diferença em relação ao efeito da resistência ao herbicida glifosato não foi evidenciada (Tabela 35). As reduções nos teores de nutrientes nas cultivares transgênicas pode estar relacionada com o grupo de maturação das cultivares em avaliação, sendo que as cultivares de ciclo precoce possuem maior redução nos teores de nutrientes sob influência do gene da resistência ao glifosato (Zobiolo *et al.*, 2009). No presente estudo, as cultivares BRS Tertúlia RR e Fepagro37RR, que não apresentaram diferenças nos teores de nutrientes foliares Fe e Mn, possuem ciclo semi-precoce e precoce, respectivamente (Tabela 35), o que não está relacionado com o apresentado por Zobiolo *et al.* (2009).

O efeito observado após a aplicação do glifosato relacionados ao amarelecimento das folhas denominado “yellow flashing” pode ser também relacionado com a deficiência de manganês ou de outros nutrientes. Este efeito também pode estar relacionado à formação do metabólito produzido na degradação do glifosato chamado de AMPA (ácido aminometilfosfônico), sendo que, neste caso, as injúrias observadas podem ser dependentes do nível de AMPA formado na planta, do genótipo, das condições ambientais e da dose do glifosato (Reddy *et al.*, 2004; Andrade & Rosolem, 2011). Vários estudos encontraram efeitos diretos causados pelo herbicida glifosato na nutrição mineral das plantas em relação à deficiência de Mn, N, Ca, Mg, Fe e Cu (Huber, 2006; Santos *et al.*, 2007a; Zobiolo *et al.*, 2010a), causando, inclusive, redução no acúmulo de biomassa e produtividade (Albrecht *et al.*, 2011).

O constante interesse na obtenção de altos rendimentos nos cultivos de soja torna imprescindível determinar características potenciais de crescimento e produtividade e os fatores que as afetam. Neste sentido, a análise do rendimento de grãos no experimento realizado com cultivares transgênicas e suas linhas isogênicas próximas evidenciou que as cultivares tiveram comportamentos diferenciados dentro de

seus grupos quando analisadas em comparação as suas linhas isogênicas próximas. As cultivares Fepagro 36RR, BRS Estância RR, BRS Taura RR e Fundacep 59 RR sem a aplicação do herbicida glifosato não diferiram no rendimento de grãos quando comparadas as suas respectivas linhas isogênicas próximas. No entanto, a aplicação de glifosato na dose de 900 g ha⁻¹ reduziu o rendimento de grãos das cultivares Fepagro 36RR, BRS Estância RR e BRS Taura RR quando comparadas a testemunha sem herbicida (Tabela 37). Em estudo analisando diferentes tipos de formulação de glifosato, foi constatado que a utilização da formulação Roudup Transorb diminuiu o rendimento de grãos de soja da cultivar CD 219 RR como consequência das injúrias causadas pelo herbicida na planta e seu reflexo na capacidade de produção de fotoassimilados (Santos *et al.*, 2007b). Outro trabalho observou que doses de 1440 e 2880 g ha⁻¹ e. a. de glifosato reduziram o rendimento de grãos e o número de legumes por planta da cultivar CD 219 RR (Albrecht *et al.*, 2011). Estes resultados evidenciam a variação de efeitos na aplicação de glifosato em função dos diferentes genótipos, doses e condições de ambiente ocorrentes durante as avaliações realizadas.

Com o objetivo de minimizar os possíveis efeitos negativos do glifosato, tem se realizado adubação foliar, principalmente com micronutrientes. No entanto, este benefício pode variar devido à variabilidade do efeito direto do herbicida glifosato, a sensibilidade diferencial entre cultivares, a disponibilidade de nutrientes no solo e a variação do efeito de recuperação da adubação foliar, conforme evidenciado no presente estudo. A cultivar Fundacep 59 RR teve maior rendimento de grãos em relação a cultivar Coodetec 206 RR (Tabela 53), independente da utilização ou não de adubo foliar e em todas as doses de glifosato aplicadas (Tabelas 51). Já entre as doses do herbicida, a cultivar Fundacep 59 RR teve um menor rendimento de grãos quando aplicado glifosato em ambas as doses, porém, a cultivar Coodetec 206 RR não

apresentou diferenças com a aplicação do herbicida (Tabela 53). Outros estudos também apresentam resultados variados em relação ao efeito do glifosato sobre o rendimento de grãos de cultivares transgênicas. Em estudo realizado com aplicação de glifosato em diferentes estádios e doses, foi observado que a aplicação deste herbicida diminuiu 0,4 kg ha⁻¹ do rendimento de grãos a cada g de e. a. aplicado por ha (Albrecht *et al.*, 2011). O efeito do glifosato na redução da produtividade para a cultivar Fundacep 59 RR está de acordo com Santos *et al.*, (2007b) e Albrecht *et al.*, (2011) conforme descrições anteriores. No entanto, este efeito possui grande variação entre genótipos de soja em interação com as condições ambientais (Andrade & Rosolem, 2011). No presente estudo, tanto na avaliação de diferentes cultivares em comparação com suas linhas isogênicas próximas como no experimento com a aplicação de adubo foliar, as cultivares avaliadas apresentaram respostas diferentes no rendimento de grãos em relação ao efeito da aplicação do herbicida. Outro fator que deve ser considerado em relação às diferenças apresentadas pelos genótipos, é a época de semeadura. A época de semeadura determina a exposição das plantas de soja às variações climáticas contribuindo na duração do ciclo, da altura de planta e principalmente no rendimento de grãos, visto que a soja é uma planta que responde a exigências fotoperiódicas, térmicas e hídricas para se desenvolver adequadamente e expressar seu potencial (Thomas & Costa, 2010). Neste sentido, as diferenças apresentadas entre os genótipos podem estar relacionadas também à época de semeadura, visto que os experimentos foram implementados em época considerada tardia para o estado do Rio Grande do Sul.

5.2 Avaliação do efeito da disponibilidade de Fe e Mn em interação com glifosato em experimento em solução nutritiva conduzido em casa de vegetação

O herbicida glifosato pode causar efeito negativo na disponibilidade de micronutrientes como Ferro e Manganês em plantas de soja (Cakmak *et al.*, 2009). No entanto, o isolamento deste efeito em relação às condições ambientais, genótipo e disponibilidade dos nutrientes, por exemplo, ainda não são totalmente esclarecidos. Para isto, foram realizados dois estudos com ausência e presença dos micronutrientes Ferro e Manganês em solução nutritiva em interação com diferentes cultivares de soja e doses de glifosato. Os efeitos que ocorrem quando as plantas são expostas a diferentes estresses provocam alteração no estado fisiológico e bioquímico e resultam em modificações das características da fluorescência da clorofila (Baker & Rosenqvst, 2004). Assim, a avaliação dos parâmetros de fluorescência pode ser uma forma eficaz de quantificação de efeitos de pequena magnitude e de rápida ocorrência no metabolismo das plantas.

No experimento realizado com plantas de soja sob condições de deficiência de ferro foi observado que os parâmetros relacionados à fluorescência das plantas tiveram comportamentos diferenciados nos diferentes tratamentos e avaliações realizadas. A eficiência quântica, que é a razão F_v/F_m , para a cultivar convencional BRS 137 foi menor nas plantas que foram conduzidas na ausência de ferro em relação a presença deste na solução nutritiva (Tabela 7). Para esta cultivar, foi observado que os parâmetros F_v (Tabela 6) e F_m (Tabela 5) foram menores nas plantas conduzidas na ausência deste nutriente. Já a eficiência quântica da cultivar transgênica Fepagro 37RR, demonstrou que a aplicação do herbicida reduziu a eficiência quântica nas plantas conduzidas na presença de Fe na solução nutritiva nas avaliações realizadas 24 horas

após a aplicação do herbicida. Nas plantas conduzidas sem a presença de Fe na solução nutritiva, a eficiência quântica foi menor na dose 2160 g ha⁻¹ de glifosato na avaliação realizada 48 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 7). A aplicação do herbicida glifosato para esta cultivar também reduziu tanto a Fvs (Tabela 6) quanto a Fms (Tabela 5) nas plantas conduzidas na ausência e presença de ferro na solução nutritiva. Para a cultivar BRS Tertúlia, ocorreram reduções da Fvs (Tabela 6) e Fms (Tabela 5) em todas as avaliações realizadas tanto na dose de 1080 quanto a de 2160 g ha⁻¹ de glifosato. Já para a eficiência quântica desta cultivar o efeito da aplicação do herbicida glifosato foi menor (Tabela 7), onde foi observado que o herbicida glifosato reduziu a eficiência quântica somente 72 horas após a aplicação do herbicida nas plantas em que não continham Fe na solução nutritiva.

A deficiência de ferro induz a várias alterações morfológicas e fisiológicas em plantas, pois este nutriente tem um papel importante na fotossíntese, onde sua deficiência pode acarretar em alterações no aparato fotossintético (Jiang *et al.*, 2003). Estes mesmos autores encontraram reduções significativas na eficiência quântica em plantas de soja e milho conduzidas sob sistema hidropônico com deficiência de Fe quando comparadas com as plantas que estavam sob condições normais de suficiência de Fe com a solução de Hoagland. No entanto, no presente estudo pode-se observar que esta diminuição não pode ser generalizada, devido ao fato de ocorrerem comportamentos diferenciados das cultivares que foram analisadas, onde a cultivar Fepagro 37RR foi mais afetada nas avaliações logo após a aplicação do herbicida, a cultivar BRS 137 teve menor eficiência quântica nas plantas conduzidas sem Fe e a cultivar BRS Tertúlia RR não apresentou alteração em função dos tratamentos realizados. Conforme descrito acima, os efeitos da interação de disponibilidade de ferro e glifosato foram variáveis entre os genótipos de soja avaliados. A cultivar Fepagro

37RR possui ciclo precoce e a cultivar BRS Tertúlia RR é de ciclo semiprecoce, ambas sendo isolinhas da cultivar convencional BRS 137 de ciclo semiprecoce. Quando conduzidas sob condições de deficiência de Fe, o maior efeito do glifosato nos parâmetros de Fvs, Fms e eficiência quântica na cultivar Fepagro 37RR podem estar relacionados ao grupo de maturação desta cultivar que é considerada como precoce. A exigência nutricional de cultivares de soja varia com a fase do ciclo de desenvolvimento da soja (Zobiole *et al.*, 2012b), onde cultivares de ciclo precoce podem ter uma maior atividade metabólica em associação com a atividade hormonal e à divisão e crescimento celular (Taiz e Zieger, 1995).

O efeito da ausência ou presença de manganês na solução nutritiva resultaram em poucas modificações nos parâmetros da fluorescência Fms, Fvs e eficiência quântica em todas as cultivares avaliadas. Os efeitos do herbicida foram mais evidentes na dose de 2160 g ha⁻¹ e. a. nas avaliações realizadas 72 e 96 horas após a aplicação do herbicida, tanto para Fms (Tabela 16) quanto para Fvs (Tabela 17). Em experimento realizado com diferentes espécies de árvores caducifólias de ciclos diferentes, conduzido em sistema hidropônico com níveis de Mn na solução nutritiva de 10, 50 ou 100 mg L⁻¹, a eficiência quântica não foi alterada para as espécies de ciclo curto e tardio, mesmo as plantas apresentando sintomas visíveis de clorose (Kitão *et al.*, 1998). No entanto, a dose maior de Mn fez com que ocorresse leve diminuição na eficiência quântica na espécie de ciclo médio (Kitao *et al.*, 1998).

No presente estudo, as plantas também apresentaram sintomas de clorose (dados não mostrados) e os efeitos relacionados à eficiência quântica foram evidenciados somente na avaliação realizada 72 horas após a aplicação do herbicida, onde as cultivares transgênicas apresentaram comportamento inverso uma da outra em relação às doses utilizadas (Tabela 18). A cultivar Fepagro 37RR, de ciclo precoce, quando

aplicado o glifosato na dose de 2160 g ha⁻¹ teve menor eficiência quântica em relação as demais doses do herbicida nas plantas conduzidas com a presença de Mn na solução nutritiva. Já a cultivar BRS Tertúlia RR, de ciclo semiprecoce, o herbicida glifosato independente da dose aumentou a eficiência quântica em relação à testemunha quando conduzidas na presença de Mn na solução nutritiva. A presença de glifosato no conteúdo celular pode resultar na formação de um complexo pouco solúvel resultante da interação do glifosato com íons catiônicos (Eker *et al.*, 2006). Esta diminuição faz com que ocorra uma diminuição na absorção e transporte de Mn nas plantas (Neumann *et al.*, 2006). Assim, o efeito negativo do glifosato na cultivar Fepagro 37RR pode estar relacionado ao metabolismo da planta ser mais acelerado e, com isso, necessitar de uma maior quantidade de Mn para o processo fotossintético. Os efeitos mensurados no presente estudo com relação às alterações dos parâmetros Fs, Fms, Fvs, eficiência quântica e ETR da fluorescência da clorofila podem estar relacionados ao fato do manganês desempenhar um papel importante nos processos redox que atuam diretamente no transporte de elétrons na fotossíntese (Kirkby & Römheld, 2007).

A ETR é outro parâmetro de fluorescência utilizado para avaliar o efeito de estresses ambientais, o qual também foi afetado pelo herbicida glifosato de forma diferencial nas cultivares avaliadas. Em experimento realizado em videiras, foi constatado que houve diminuição na ETR principalmente devido à diminuição da atividade do fotossistema II em folhas que apresentaram deficiência de ferro (Bertamini *et al.*, 2001). A deficiência de Fe afeta inicialmente o desenvolvimento e a função dos cloroplastos, pelo fato do Fe ser um constituinte de grupos heme nos cloroplastos e agrupamentos protéicos Fe-S (Kirkby & Römheld, 2007). A ferridoxina é a proteína Fe-S mais conhecida, sendo o primeiro composto redox estável na cadeia de transporte de elétrons no processo da fotossíntese (Kirkby & Römheld, 2007). Devido ao alto

potencial redox negativo desta proteína, a falta de Fe deprime a produção de ferridoxina, afetando o transporte de elétrons para os processos fotossintéticos (Kirkby & Römheld, 2007), sendo este efeito manifestado pela variação da ETR.

No presente estudo, a ausência de ferro aumentou a ETR quando aplicada a dose de 2160 g ha⁻¹ as 24 e 48 horas após a aplicação do herbicida para cultivar Fepagro 37RR (Tabelas 9 e 10). Porém, na presença de Fe, a dose de 2160 g ha⁻¹ de glifosato aumentou a ETR somente na avaliação 72 horas após a aplicação do glifosato (Tabela 11). Para a cultivar BRS Tertúlia RR, nas plantas conduzidas sob ausência de Fe na solução nutritiva na dose 2160g ha⁻¹ de glifosato, ocorreu maior ETR na avaliação realizada 72 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 11) e menor na avaliação realizada 96 horas após a aplicação do herbicida (Tabela 12). Semelhante a isto, quando na presença de ferro na solução nutritiva, na avaliação realizada 72 horas após a aplicação do herbicida a dose de 2160 g ha⁻¹ diminuiu a ETR (Tabela 11) e na avaliação às 96 horas após a aplicação do herbicida, a aplicação do glifosato aumentou a ETR (Tabela 12). A ETR para a cultivar convencional BRS 137 praticamente não foi afetada em relação à ausência ou presença de Fe na solução nutritiva nos períodos realizados antes e após a aplicação do herbicida nas cultivares transgênicas (Tabelas 9, 10, 11 e 12). No presente estudo, a ETR não caracterizou o efeito dos tratamentos de Fe e glifosato. Nem mesmo a ausência de Fe na solução nutritiva resultou em claro efeito sobre a ETR. No entanto, o Fe apresenta grande importância para a fotossíntese e a sua ausência é limitante para a transferência de energia no processo fotossintético, sendo que mais de 80% do Fe das folhas está presente nos cloroplastos (Kirkby & Römheld, 2007).

Em relação à interação entre glifosato e a disponibilidade de manganês, para a cultivar Fepagro 37RR e BRS Tertúlia RR, a aplicação do herbicida na dose 2160 g ha⁻¹

e. a. aumentou a ETR logo na avaliação realizada 24 horas após a aplicação do herbicida glifosato tanto nas plantas conduzidas na ausência de Mn como nas plantas com a presença de Mn na solução nutritiva (Tabela 20) e na avaliação realizada 48 horas após a aplicação do herbicida para as plantas conduzidas na presença deste nutriente (Tabela 21). Ainda, em ambas as cultivares, cabe ressaltar que as plantas que não receberam a aplicação do glifosato sob condições de ausência de Mn apresentaram menor ETR na maioria das avaliações comparadas com as plantas que foram conduzidas com Mn na solução nutritiva (Tabelas 20, 22 e 23). Já a cultivar convencional BRS 137 teve sua ETR reduzida nas avaliações realizadas 24 e 72 horas (Tabelas 20 e 22).

Esta técnica de medição da fluorescência tanto na eficiência quântica quanto na ETR possui maior aplicabilidade sobre os herbicidas que atuam diretamente na inibição do fluxo de elétrons do fotossistema II (Tropaldi *et al.*, 2010b). Mas, ultimamente, tem-se discutido a possibilidade de que alguns inibidores de processos metabólicos não ligados ao processo de fotossíntese podem expressar alterações na fluorescência emitida pelo processo fotoquímico da fotossíntese (Silva *et al.*, 2009). O aumento na fluorescência implica no declínio da taxa de conversão fotoquímica. Iniciado o transporte de elétrons, a fotossíntese cresce e a fluorescência diminui gradativamente quando o NADPH cede seus elétrons para o ciclo de Calvin ou conversão de carbono (Duarte, 2003). Com isso, as reduções causadas pelo glifosato da Fms e Fvs podem ter uma relação com os aumentos causados pelo glifosato na ETR, porém estes resultados ainda são ambíguos, em virtude do glifosato não ser um herbicida que inibe diretamente o funcionamento do fotossistema II, e sim, interrompe a síntese de ácidos aromáticos pelo bloqueamento da rota do ácido chiquímico, induzindo a significativas alterações na emissão da fluorescência (Silva *et al.*, 2009).

O estado nutricional da soja RR pode ser influenciado pelo glifosato como resultado da diminuição nos teores foliares de macro e micronutrientes (Zobiolo *et al.*, 2010a). No experimento com Fe, a presença deste na solução nutritiva se refletiu em maiores teores foliares (Tabela 14), e a aplicação do herbicida de modo geral aumentou o acúmulo deste nutriente nas folhas, sendo que não houve diferença entre as cultivares e as doses do herbicida utilizadas (Tabela 14). No entanto, em estudo realizado em casa de vegetação com doses de glifosato de 600 a 2400 g ha⁻¹ e. a. em doses únicas no estágio V4 ou sequenciais nos estádios V4 e V7 foi constatado que com o aumento das doses ocorreu diminuição no acúmulo de macro e micronutrientes na cultivar de soja BRS 242 RR. (Zobiolo *et al.*, 2010a). Este efeito pode ser atribuído à redução das reações fotossintéticas e, conseqüentemente, menor demanda da absorção de nutrientes (Reddy *et al.*, 2004) ou à imobilização de micronutrientes catiônicos, principalmente Fe e Mn, devido ao efeito do glifosato em formar complexos insolúveis com os nutrientes (Coutinho & Mazo, 2005). Esta complexação é formada pela ligação dos nutrientes com os grupos carboxílicos e fosfonados da molécula de glifosato formando complexos fracamente solúveis ou muito estáveis (Cakmak, 2009). No entanto, no presente estudo esta diferença entre as doses do herbicida não foi evidenciada e isto pode estar relacionado com as características das cultivares utilizadas, pois o nível crítico determinado do nutriente na planta pode ser variável em função das diferenças na capacidade da planta em absorver ou utilizar o nutriente (Scherer, 1998; Zobiolo *et al.*, 2012a).

No experimento com manganês na solução nutritiva, a presença deste resultou em maior teor foliar para todas as cultivares avaliadas (Tabela 25). Ainda, a aplicação do herbicida fez com que as plantas conduzidas na presença de Mn na solução nutritiva apresentassem maior teor deste nutriente na folha, efeito este não observado nas plantas

conduzidas na ausência de Mn na solução nutritiva (Tabela 26). No entanto, em estudo realizado com plantas de girassol conduzidas em ambiente controlado e simulações de deriva nas doses de 0,39 e 1,89 mM de glifosato, foram encontradas reduções de até 50% do Mn foliar (Eker *et al.*, 2006). Estas concentrações equivalem a aproximadamente 28 e 135 g ha⁻¹ de glifosato, que podem estar relacionadas não só ao efeito do glifosato na imobilização de Mn, mas também ao efeito de fitotoxicidade na planta que resultará na menor absorção do nutriente devido a diminuição do metabolismo e morte da planta. Outro trabalho com girassol constatou reduções de 90% no teor foliar de Mn quando utilizada a dose de 720 g ha⁻¹ e. a. (Neumann *et al.*, 2006). Este efeito prejudicial do glifosato em girassol é relevante tendo em vista que o girassol é uma planta suscetível a este herbicida, e devido à elevada afinidade do glifosato para quelatizar e imobilizar cátions divalentes, ocorre a redução da concentração de Mn independentemente do fato de as culturas serem tolerantes a este herbicida ou não (Cakmak, 2009). Em estudo realizado com as cultivares de soja BRS Valiosa RR (com e sem aplicação do herbicida) e Conquista (Convencional) com diferentes concentrações de Mn na solução nutritiva (1,0, 2,0, 4,0, 6,0, 10,0, e 20,0 mmol L⁻¹) com aplicação de glifosato na dose de 540 g ha⁻¹ em estágio V4, não foi constatado diferenças nos teores de Mn foliar nos diferentes tratamentos (Rosolem *et al.*, 2010).

No presente estudo, onde foi utilizada a concentração de 0 e 0,5 µM de Mn na solução nutritiva e aplicado glifosato nas doses de 1080 e 2160 g ha⁻¹, os efeitos negativos do glifosato não foram evidenciados em relação a concentração de Mn foliar. No entanto, na comparação entre os genótipos utilizados, a cultivar Fepagro 37RR apresentou menor teor de Mn foliar (Tabela 25) e a cultivar BRS Tertúlia não diferiu da cultivar convencional BRS 137 demonstrando que há a diferença entre as cultivares na absorção do nutriente. Assim, confirmando as informações da literatura que os efeitos

secundários do glifosato em relação à disponibilidade de Mn na nutrição da soja são indiretos e dependem da cultivar utilizada, fase de desenvolvimento, condições fisiológicas e ambiente de crescimento (Rosolem *et al.*, 2010)

Além do efeito do glifosato observado em relação ao acúmulo foliar de nutrientes, alguns autores citam que, quando ocorre a deficiência destes nutrientes foliares, ocorre também um menor acúmulo de massa seca das plantas (Bott *et al.* 2008; Zobiolo *et al.*, 2010b). No presente estudo, a massa seca da cultivar convencional BRS 137 foi menor devido à ausência de Fe na solução nutritiva, porém este efeito não foi observado nas cultivares Fepagro 37RR e BRS Tertúlia RR (Tabela 13). Ainda, somente a cultivar BRS Tertúlia RR teve menor massa seca de plantas devido a aplicação do herbicida glifosato tanto nas plantas conduzidas na ausência como na presença de Fe na solução nutritiva (Tabela 13). Esses resultados estão de acordo com os trabalhos de Bott *et al.* (2008), os quais observaram que a aplicação do glifosato na soja RR reduziu significativamente a massa seca das plantas, e que aplicações únicas de glifosato tem um efeito maior no acúmulo de massa seca em relação as aplicações seqüenciais de glifosato (Zobiolo *et al.*, 2010b). O menor acúmulo de biomassa nas plantas que receberam a aplicação de glifosato pode ser atribuído ao acúmulo do ácido aminometilfosfônico (AMPA), que é o seu principal metabólito (Reddy *et al.*, 2004), a reduções na taxa fotossintética (Zobiolo *et al.*, 2010b) e na biodisponibilidade de nutrientes nos tecidos foliares (Cakmak *et al.*, 2009; Zobiolo *et al.*, 2010a)

Já no experimento com Mn, somente na cultivar Fepagro 37RR na ausência de Mn resultou em menor massa seca de plantas (Tabela 24). Para as demais cultivares a ausência deste nutriente e a aplicação do herbicida glifosato não afetou a massa seca das plantas (Tabela 24). Em estudo realizado com as cultivares de soja BRS Valiosa RR e Conquista (Convencional), com diferentes concentrações de Mn na solução nutritiva de

1,0 a 20,0 mmol L⁻¹ e com aplicação de glifosato na dose de 540 g ha⁻¹ em estágio V4, o acúmulo de massa seca não foi afetado para as duas cultivares nos diferentes tratamentos realizados (Rosolem *et al.*, 2010). Neste mesmo trabalho não foi observado redução no acúmulo de massa seca quando realizado experimento no campo com a cultivar Monsoy 7908 em solo deficiente de Mn. Portanto, a menor produção de massa seca em algumas cultivares RR tratados com glyphosate pode estar relacionada a uma possível exigência de um nível maior de nutrientes para atingir a eficiência fisiológica (Zobiolo *et al.*, 2012a). A ocorrência de efeitos negativos do herbicida glifosato em soja RR tem resultado em sugestões da necessidade de que novos parâmetros de adubação sejam estabelecidos para a otimização da nutrição mineral da soja RR tratada com glyphosate, tendo em vista os efeitos desse herbicida no metabolismo da planta (Zobiolo *et al.*, 2012b). No entanto, considerando as diferentes respostas entre cultivares observadas no presente e em outros estudos, para que se possa ter uma maior precisão nas recomendações destas práticas ainda são necessários estudos que resultam na identificação das causas desta variabilidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito do herbicida glifosato não alterou a dinâmica dos micronutrientes Fe e Mn em 2 cultivares de soja RR em comparação com as respectivas cultivares isogênicas próximas. Apenas a cultivar BRS Taura RR apresentou menor acúmulo de Fe foliar em comparação com a sua linha isogênica BRS 154 devido a aplicação do herbicida glifosato na dose de 1080 g ha^{-1} no estágio V3.

A aplicação do herbicida glifosato na dose de 1080 g ha^{-1} reduziu o rendimento de grãos das cultivares BRS Estância RR, BRS Taura RR e Fundacep 59 RR, e não afetou o rendimento de grãos de outras cinco cultivares em comparação com a ausência de aplicação do herbicida. A aplicação de adubo foliar não foi eficiente como forma de aumentar o rendimento de grãos de soja nas cultivares Coodetec 206 RR e Fundacep 59 RR. A cultivar Coodetec 206 RR não foi afetada pela aplicação do glifosato, enquanto que a cultivar Fundacep 59 RR teve redução no rendimento de grãos devido a aplicação deste herbicida.

Os parâmetros de fluorescência da clorofila foram parcialmente apropriados como forma de identificação dos efeitos fisiológicos causados pelo herbicida glifosato logo após a sua aplicação. As oscilações dos parâmetros encontradas no presente estudo indicam que a utilização desta ferramenta necessita de maiores aprimoramentos para utilização de maneira mais correta e precisa principalmente para trabalhos de campo. As avaliações dos teores de clorofila para as cultivares estudadas não foram eficientes para a detecção dos efeitos secundários do herbicida glifosato.

As cultivares transgênicas resistentes ao herbicida glifosato apresentaram variabilidade em relação aos efeitos deste herbicida sobre parâmetros fisiológicos, na disponibilidade de micronutrientes Fe e Mn, e sobre o rendimento de grãos. As generalizações sobre o efeito do herbicida glifosato em soja transgênica e da resposta da adubação foliar com micronutrientes não foram evidenciadas no presente estudo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L. P. et al. Desempenho da soja roundup ready sob aplicação de glyphosate em diferentes estádios. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 585-590, 2011.

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, 2011.

ARALDI, R. et al. Efeitos na taxa de transporte de elétrons de plantas daninhas após aplicação de amicarbazone. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 647-653, 2011.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABARKELI, R. B. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. **Chemosphere**, Oxford, v. 52, n. 5, p. 799-805, 2003.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BALDASSARRE, V.; CABASSI, G.; FERRANTE, A. Use of chlorophyll *a* fluorescence for evaluating the quality of leafy vegetables. **Australian Journal of Crop Science**, Collingwood, v. 5, n. 6, p. 735-741, 2011.

BARBAGALLO, R. P. et al. Rapid, noninvasive screening for perturbations of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. **Plant Physiology**, Rockville, v. 132, p. 485-493, 2003.

BELLALLOUI, N. et al. Simulated glyphosate drift influences nitrate assimilation and nitrogen fixation in non-glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 9, p. 3357-3364, 2006.

BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da Estação Experimental da UFRGS e região de abrangência**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 78 p.

BERNARD, A. B.; REDDING, S.; SCHOTT, P. K. Multi-product firms and product switching. **American Economic Review**, Cambridge, v. 100, p. 70-97, 2010.

BERNARDS, M. L.; THELEN, K.; PENNER, D. Glyphosate efficacy is antagonized by manganese. **Weed Technology**, Lacombe, v. 19, n. 1, p. 27-34, 2005.

BERTAMINI, M.; NEDUNCHEZHIAN, N.; BORGHI, B. Effect of iron deficiency induced changes on photosynthetic pigments, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase, and photosystem activities in field grown grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) leaves. **Photosynthetica**, Heidelberg, v. 39, n. 4, p. 59-65, 2001.

BIANCO, S. et al. Accumulation of dry mass and macronutrients by glycine max and solanum americanum plants. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 87-95, 2012.

BJÖRKMAN, O.; DEMMIG-ADAMS, B. Regulation of photosynthetic light energy capture, conversion, and dissipation in leaves of higher plants. In: SCHULZE, E.-D.; CALDWELL, M. M. (Ed.). **Ecophysiology of Photosynthesis**. Nova York: Springer-Verlag, 1995. p 17-47.

BÖHM, G. M. B.; ROMBALDI, C. V. Transformação genética e aplicação de glifosato na microbiota do solo, fixação biológica de nitrogênio, qualidade e segurança de grãos de soja geneticamente modificada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n.1, p. 213-221, 2010.

BONATO, E. R.; BONATO A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA-CNPQ, 1987. 61 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 21).

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1977. p. 1-6.

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

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

CAKMAK, A.; YAZICI, Y.; OZTURK T. L. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium, and iron in non-glyphosate resistant soybean. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 31, n. 3, p. 114-119, 2009.

CARVALHO FILHO, A.; AMABILE, R. F. Biologia da soja. In: MORAES, A. A. C.; SILVA, A. L. da. **Soja: suas aplicações**. Rio de Janeiro: MEDSI, 1996. 259 p.

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

CHARLSON, D. V. et al. Breeding soybeans for resistance to iron-deficiency chlorosis and soybean cyst nematodes. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 50, n. 7, p. 1055-1062, 2004.

CHA-UM, S.; ULZIIBAT, B.; KIRDMANEE, C. Effects of temperature and relative humidity during in vitro acclimatization, on physiological changes and growth characters of *Phalaenopsis* adapted to in vivo. **Australian Journal Crop Science**, Collingwood, v. 4, n. 9, p. 750-756, 2010.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, oitavo levantamento, maio 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_05_10_08_49_52_boletim_maio_2012.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2012.

COSTA, T. A. P. M. D.; SCHEIDEGGER, E. M. D.; MARIN, V. A. Risk assessment of genetically modified organisms. **Ciencia & Saude Coletiva**, Jacarepaguá, v. 16, n. 1, p. 327-336, 2011.

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

DE MARIA, N. et al. New insights on glyphosate mode of action in nodulant metabolism: role of shikimate accumulation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington v. 54, n. 1, p. 2621–2628, 2006.

DEVINE, M.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. Inhibition of aromatic amino acid synthesis. In: **PHYSIOLOGY herbicide action**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993. p. 252-263.

DUARTE, C. H. **Deteção óptica da eficiência quântica da fotossíntese**. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 2003.

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

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

FEHR, W. R. et al. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine Max* (L.) Merrill. **Plant Science for a Better World**, Madison, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1977.

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**, Amsterdam, v. 77, n. 3, p. 83-91, 2003.

FRANZEN, D. W.; O'BARR, J. H.; ZOLLINGER, R. K. Interaction of a foliar application of iron HEDTA and three post emergence broadleaf herbicides with soybeans stressed from chlorosis. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 26, p. 2365–2374. 2003.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Glifosato: alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. São Paulo: Acadcon, 2005. 60 p.

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

GEIER, P. W.; STAHLMAN, P. W.; CHARVAT, L. D. Dose Responses of Five Broadleaf Weeds to Saflufenacil. **Weed Technology**, Lacombe, v. 23, n. 2, p. 313-316, 2009.

GUTH, S. C. et al. Complexo soja: a diversificação de culturas otimizando o uso da terra sob a ótica do retorno do investimento analisado pela TIR e *Payback* em propriedades distintas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, 9., 2005, Florianópolis. 2005. [Anais...]. Disponível em: <http://www.abcustos.org.br/texto/viewpublic?ID_TEXTO=550>. Acesso em: 02 ago. 2010.

HUBER, D. M. Strategies to ameliorate glyphosate immobilization of manganese and its impact on the rhizosphere and disease. In: LORENZ, N.; DICK, R. (Ed.). **Proceedings of the glyphosate potassium symposium**. Iowa: Ohio State University: AG Spectrum, 2006.

HUBER, D. M. What about glyphosate-induced manganese deficiency? **Fluid Journal**, Manhattan, v. 15, n. 4, p. 20-22, 2007. Disponível em: <www.fluidfertilizer.com/PastArt/pdf/58P20-22.pdf> Acesso em: 13 mar. 2012.

HUBER, D. M.; MCCAY-BUYS, T. S. A multiple component analysis of the take-all disease of cereals. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 77, p. 437-447, 1993.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Journal Economic Botany**, New York, v. 24, n. 4, p. 408-421, 1970.

IPAGRO. **Observações meteorológicas no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPAGRO, 1979. 272 p. (Boletim Técnico, 3).

ISAAA. **Report on global status of Biotech/GM crops**. Disponível em: <<http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/43/pptslices/default.asp>>. Acesso em: 21 maio 2012.

IZAGUIRRE-MAYORAL, M. L.; SINCLAIR, T. R. Variation in manganese and iron accumulation among soybean genotypes growing on hydroponic solutions of differing manganese and nitrate concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 28, n. 3, p. 521-535, 2005.

JACQUES, R. J. S. et al. Sensibilidade de estirpes de *Bradyrhizobium* ao glyphosate. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 028-033, 2010.

JIANG, C.; GAO, H.; ZOU, Q. Changes of donor and acceptor side in photosystem 2 complex induced by iron deficiency in attached soybean and maize leaves **Photosynthetica**, Heidelberg, v. 41, n. 2, p. 267-271, 2003.

JOHAL, G. S.; HUBER, D. M. Glyphosate effects on diseases of plants. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 31, n. 3, p. 144-152, 2009.

JOLLEY, V. D.; HANSEN, N. C. Explanation for factors that interact with iron-deficiency stress. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 50, n. 1, 2004.

JOLLEY, V. D.; HANSEN, N. C.; SHIFFLER, A. K. Nutritional and management related interactions with iron-deficiency stress response mechanisms. **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, v. 50, n. 7, p. 973-981, 2004.

KING, C.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 1, p. 179-186, 2001.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Norcross: International Plant Nutrition Institute, 2007. (Encarte informações agronômicas, 118). Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABwMkAB/micronutrientes-na-fisiologiaplantas-funcoes-absorcao-mobilidade>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

KISHORE, G. M.; SHAH, D. M. Amino acid biosynthesis inhibitors as herbicides. **Annual Review Biochemistry**, Chesterfield, v. 57, n. 1, p. 627-663, 1988.

KITAO, M.; LEI, T. T.; KOIKE, T. Application of chlorophyll fluorescence to evaluate Mn tolerance of deciduous broad-leaved tree seedlings native to northern Japan. **Tree Physiology**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 135-140, 1998.

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

KRAUSE, G. H. Photoinhibition induced by low temperature. In: BAKER, N. R.; BOWYER, J. R. (Ed.). **Photoinhibition of photosynthesis: from molecular mechanisms to the field**. Oxford: BIOS Scientific Publishers, 1994. p. 331-348.

KRAUSE, G. H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, n. 1, p. 313-349, 1991.

KREMER, R. J. et al. **Herbicide impact on *Fusarium* spp. and soybean cyst nematode in glyphosate 'tolerant' soybean**. Madison: American Society of Agronomy, 2001. Abstract.

LAZÁR, D. Chlorophyll-a fluorescence induction. **Biochemistry Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1412, n. 1, p. 1-28, 1999.

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.

MALLMANN, L. S. **Dinâmica do glifosato em latossolo vermelho distroférrico fertirrigado com água residuária da suinocultura**. 2009. 34 f. Dissertação (Mestrado)

– Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2009.

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

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.

MEILIANG, L. et al. Effect of tannic acid on properties of soybean (*Glycine max*) seed ferritin: a model for interaction between naturally-occurring components in foodstuffs. **Food Chemistry**, Reading, v. 133, n. 2, p. 410-415, 2012.

MESCHÉDE, D. K. et al. Alteração fisiológica da cana-de-açúcar pela aplicação de glyphosate e sulfometuron-methyl. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 413-419, 2011.

MOHAMMED, G. H.; BINDER, W. D.; GILLES, S. L. Chlorophyll fluorescence: a review of its practical forestry applications and instrumentation. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 10, n. 4, p. 383-410. 1995.

MONQUEIRO, P. A. Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 517-531, 2005.

MORAES, A. A. C. et al. Histórico da soja. In: MORAES, A. A. C.; SILVA, A. L. da. (Ed.). **Soja: suas aplicações**. Rio de Janeiro: Medsi, 1996. 259 p.

MORAIS, R. R. et al. Chloroplastid pigment contents and chlorophyll a fluorescence in amazonian tropical three species. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 959-966, 2007.

MORILLO, E. et al. Glyphosate adsorption on soils different characteristics: Influence of copper addition. **Chemosphere**, Oxford, v. 40, n. 7, p. 747-752, 2002.

NASCIMENTO, R. et al. Crescimento e teores de clorofila e carotenóides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 3, p. 364-369, 2009.

NEPOMUCENO, M. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 43-50, 2007.

NETO, A. D. A. et al. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 893-897, 2011.

NEUMANN, G. et al. Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Stuttgart, v. 20, n. 1, p. 963-969, 2006.

- NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 18, n. 1 p. 1-188, 2001.
- OBOJSKA, A.; LEJCZAK, B.; KUBRAK, M. Degradation of phosphonates by streptomycetes isolates. **Applied Microbiology Biotechnology**, Heidelberg, v. 51, n. 6, p. 872-876, 1999.
- OLIVEIRA, J. G.; ALVES, P. L. C. A.; MAGALHÃES, A. C. The effect of chilling on the photosynthetic activity in coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings. The protective action of chloroplast pigments. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 95-104, 2002.
- OZTURK, L. et al. Glyphosate inhibition of ferric reductase activity in iron-deficient sunflower roots. **New Phytologist**, Lancaster, v. 117, n. 4, p. 899-906, 2008.
- PADGETTE, R. et al. Development, identification and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 5, p. 1451-1461, 1995.
- PIMENTEL, C. et al. Características fotossintéticas de *Phaseolus vulgaris* L. **Hoehnea**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 273-279, 2011.
- RAIJ, B. et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim, 100).
- REDDY, K. N.; ZABLOTOWICZ, R. M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science**, Champaign, v. 51, n. 4, p. 496-502, 2003.
- REDDY, K. N.; HOAGLAND, R. E.; ZABLOTOWICZ, R. M. Effect of glyphosate on growth, chlorophyll, and nodulation in glyphosate-resistant and susceptible soybean (*Glycine max*) varieties. **Journal of New Seeds**, Philadelphia, v. 2, n. 3, p. 37-52, 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 Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 16, p. 5139-514, 2004.
- REZENDE, P. M. et al. Adubação foliar e épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1105-1111, 2005.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Grafmarke, 2005. 591 p.
- ROHACEK, K.; SOUKUPOVA, J.; BARTAK, M. Chlorophyll fluorescence: a wonderful tool to study plant physiology and plant stress. **Plant Cell Compartments**, Kerala, v. 37, n. 2, p. 41-104, 2008.
- ROSINHA, R. C.; DOTTO, S. R.; SARTORI, J. F. Rendimento de cultivares de soja na rede experimental da Fundação Pró-Sementes. **Informativo Pró-Sementes e Apassul**, Passo Fundo, n. 27, p. 4-5, 2007.

ROSOLEM, C. A. et al. Manganese uptake and redistribution in soybean as affected by glyphosate. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1915-1922, 2010.

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.

SANTOS, J. B. et al. Ação de herbicidas sobre o crescimento de estirpes de *Rhizobium tropici*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 457-465, 2006.

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

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em Latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 57-62, 1998.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; NEUBAUER, C. Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: SCHULZE, E. D.; CALDWELL, M. M. (Ed.). **Ecophysiology of photosynthesis**. New York: Springer, 1994. 49 p.

SILVA, C. M. M.; GOMES, M. M. A.; FREITAS, S. P. Interferência de herbicidas, associados a um análogo de brassinosteróide, no aparato fotossintético de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 789-797, 2009.

STIRBET, A. G.; STRASSER, B. J.; STRASSER, R. J. Chlorophyll *a* fluorescence induction in higher plants: modelling and numerical simulation. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 193, p. 131-151, 1998.

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A. G. Polyphasic chlorophyll *a* fluorescence transient in plants and cyanobacteria. **Photochemistry and Photobiology**, Hoboken, v. 61, n. 1, p. 32-42, 1995.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TAIWO, L. B.; OSO, B. A. The influence of some pesticides on soil microbial flora in relation to changes in nutrient level, rock phosphate solubilization and P release under laboratory conditions. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Oxford, v. 65, n. 1, p. 59-68, 1997.

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

TONI, L. R. M.; SANTANA, H.; ZAIA, D. A. M. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 829-833, 2006.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 248 p.

TROPALDI, L. et al. Efeito de herbicidas aplicados em pós emergência no fotossistema das plantas soja e algumas espécies de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 3065-3068.

TROPALDI, L. et al. Avaliação da eficiência fotossintética como indicador da seletividade inicial da cana-de-açúcar à herbicidas. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCPD, 2010. p. 1972-1976.

VALDES, C.; ASH, M. Economic impacts of biotech soybeans in Brazil on agricultura markets. In: In: MOSCARDI, F. et al. (Ed.). **World soybean research conference**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 341. (Embrapa Soja. Documentos, 228).

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

ZHAO, G. Phytoferritin and its implications for human health and nutrition. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1800, n. 8, p. 815–823, 2010.

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, 2009.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Nutrient accumulation and photosynthesis in glyphosate resistant soybeans is reduced under glyphosate use. **Journal Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 33, n. 12-14, p. 1860-1873, 2010a.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Glyphosate affects lignin content and amino acid production in glyphosate-resistant soybean. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 32, n. 5, p. 831–837, 2010b.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Glyphosate affects chlorophyll, nodulation and nutrient accumulation of “second generation” glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.) **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Amsterdam, v. 99, p. 53–60, 2011a.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Glyphosate effects on photosynthesis, nutrient accumulation, and nodulation in glyphosate-resistant soybean. **Journal Plant Nutrition Soil Science**, Weinheim, v. 175, n. 2, p. 319–330 2012a.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácido. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 195-205, 2011b.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Acúmulo de nutrientes em soja convencional e soja RR em diferentes tipos de controle de planta daninha. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 75-85, 2012b.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Glyphosate affects seed composition in glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, n. 7, p. 4517-4522. 2010c.

8 APÊNDICES

APÊNDICE 1. Análise de variância para fluorescência (Fs) avaliada em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Fs Antes da aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	1351,5	3	0,0752
Genótipos (Gen)	1	147,21	0,07	0,8176
Adubo Foliar (AF)	1	25,33	0,05	0,8427
Herbicida (Herb)	2	253,93	0,56	0,579
Gen*Bloco	2	2139,11	4,75	0,0221
AF*Bloco	2	499,45	1,11	0,3517
Gen*AF	1	1495,11	3,32	0,0852
Gen*Herb	2	647,69	1,44	0,2637
AF*Herb	2	464,66	1,03	0,3769
Gen*AF*Herb	2	488,56	1,08	0,3594
Erro	18	450,78		
Total	35			
Fs 24 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	17856,6	32,26	<,0001
Genótipos (Gen)	1	2381,44	1,88	0,3042
Adubo Foliar (AF)	1	110,25	0,18	0,7129
Herbicida (Herb)	2	1414,52	2,56	0,1054
Gen*Bloco	2	1269,05	2,29	0,1297
AF*Bloco	2	613,44	1,11	0,3516
Gen*AF	1	205,44	0,37	0,55
Gen*Herb	2	575,54	1,04	0,3738
AF*Herb	2	717,58	1,3	0,2978
Gen*AF*Herb	2	1698,33	3,07	0,0713
Erro	18	553,44		
Total	35			

continuação APÊNDICE 1. Análise de variância para fluorescência (Fs) avaliada em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Fs 96 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	4816,71	2,62	0,1003
Genótipos (Gen)	1	3538,27	2,09	0,2855
Adubo Foliar (AF)	1	1468,17	0,42	0,5842
Herbicida (Herb)	2	3733,91	2,03	0,1601
Gen*Bloco	2	1696,26	0,92	0,4154
AF*Bloco	2	3512,43	1,91	0,1768
Gen*AF	1	54,02	0,03	0,8658
Gen*Herb	2	5532,1	3,01	0,0745
AF*Herb	2	1052,91	0,57	0,5739
Gen*AF*Herb	2	1032,45	0,56	0,5799
Erro	18	1838		
Total	35			

APÊNDICE 2. Análise de variância para fluorescência máxima (Fms) em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Fms antes da aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	13812	4,29	0,03
Genótipos (Gen)	1	732,6	0,02	0,8896
Adubo Foliar (AF)	1	11577,8	128,25	0,0077
Herbicida (Herb)	2	8062,33	2,5	0,1099
Gen*Bloco	2	29675,4	9,21	0,0018
AF*Bloco	2	90,28	0,03	0,9724
Gen*AF	1	12897,4	4	0,0607
Gen*Herb	2	457,41	0,14	0,8686
AF*Herb	2	2101,59	0,65	0,5328
Gen*AF*Herb	2	5381,13	1,67	0,2161
Erro	18	3222,04		
Total	35			

continuação APÊNDICE 2. Análise de variância para fluorescência máxima (Fms) em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Fms 24 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	58069,2	16,36	<,0001
Genótipos (Gen)	1	5365,56	0,98	0,4265
Adubo Foliar (AF)	1	35,8	0,07	0,814
Herbicida (Herb)	2	595,07	0,17	0,847
Gen*Bloco	2	5474,53	1,54	0,2409
AF*Bloco	2	499,52	0,14	0,8697
Gen*AF	1	9155,3	2,58	0,1257
Gen*Herb	2	818,82	0,23	0,7963
AF*Herb	2	1655,79	0,47	0,6346
Gen*AF*Herb	2	3934,94	1,11	0,3516
Erro	18	3549,71		
Total	35			
Fms 96 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	34803,9	8,07	0,0031
Genótipos (Gen)	1	3160,31	1,23	0,3822
Adubo Foliar (AF)	1	5829,32	103,02	0,0096
Herbicida (Herb)	2	4370,81	1,01	0,3827
Gen*Bloco	2	2559,26	0,59	0,5628
AF*Bloco	2	56,58	0,01	0,987
Gen*AF	1	89,3	0,02	0,8872
Gen*Herb	2	3591,6	0,83	0,4508
AF*Herb	2	10043,5	2,33	0,126
Gen*AF*Herb	2	5393,22	1,25	0,31
Erro	18	4311,63		
Total	35			

APÊNDICE 3. Análise de variância para fluorescência variável (Fvs) em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Fvs Antes da aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	10580,14	4,47	0,0265
Genótipos (Gen)	1	223,00	0,01	0,9194
Adubo Foliar (AF)	1	12678,76	14,11	0,0641
Herbicida (Herb)	2	5792,06	2,45	0,1146
Gen*Bloco	2	17064,23	7,22	0,0050
AF*Bloco	2	898,69	0,38	0,6892
Gen*AF	1	5620,00	2,38	0,1406
Gen*Herb	2	723,02	0,31	0,7403
AF*Herb	2	663,36	0,28	0,7586
Gen*AF*Herb	2	2680,20	1,13	0,3438
Erro	18	2364,57		
Total	35			
Fvs 24 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	100520,93	37,26	<,0001
Genótipos (Gen)	1	596,17	0,35	0,6141
Adubo Foliar (AF)	1	21,31	0,01	0,9252
Herbicida (Herb)	2	3190,39	1,18	0,3292
Gen*Bloco	2	1703,09	0,63	0,5433
AF*Bloco	2	1893,68	0,70	0,5087
Gen*AF	1	6612,40	2,45	0,1349
Gen*Herb	2	2565,98	0,95	0,4049
AF*Herb	2	4299,03	1,59	0,2306
Gen*AF*Herb	2	3010,09	1,12	0,3493
Erro	18	2697,88		
Total	35			
Fvs 96 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	36963,59	5,16	0,0169
Genótipos (Gen)	1	13374,92	20,72	0,0450
Adubo Foliar (AF)	1	1445,27	0,52	0,5458
Herbicida (Herb)	2	4113,93	0,57	0,5729
Gen*Bloco	2	645,50	0,09	0,9142
AF*Bloco	2	2779,73	0,39	0,6838
Gen*AF	1	4,34	0,00	0,9806
Gen*Herb	2	1292,28	0,18	0,8363
AF*Herb	2	17531,80	2,45	0,1146
Gen*AF*Herb	2	10683,78	1,49	0,2514
Erro	18	7159,26		
Total	35			

APÊNDICE 4. Análise de variância para eficiência quântica (Yield) em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Yield Antes da aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	0,0049	3,02	0,0741
Genótipos (Gen)	1	0,0003	0,11	0,7692
Adubo Foliar (AF)	1	0,0047	1,29	0,3740
Herbicida (Herb)	2	0,0016	1,02	0,3818
Gen*Bloco	2	0,0031	1,93	0,1745
AF*Bloco	2	0,0037	2,28	0,1314
Gen*AF	1	0,0005	0,29	0,5955
Gen*Herb	2	0,0020	1,25	0,3095
AF*Herb	2	0,0001	0,05	0,9543
Gen*AF*Herb	2	0,0004	0,25	0,7818
Erro	18	0,0016		
Total	35			

Yield 24 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	0,1309	50,34	<,0001
Genótipos (Gen)	1	0,0003	0,69	0,4942
Adubo Foliar (AF)	1	0,0005	0,22	0,6873
Herbicida (Herb)	2	0,0040	1,53	0,2441
Gen*Bloco	2	0,0004	0,16	0,8519
AF*Bloco	2	0,0024	0,94	0,4095
Gen*AF	1	0,0065	2,48	0,1326
Gen*Herb	2	0,0065	2,52	0,1088
AF*Herb	2	0,0051	1,98	0,1669
Gen*AF*Herb	2	0,0042	1,62	0,2263
Erro	18	0,0025		
Total	35			

Yield 96 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	0,0140	2,33	0,1256
Genótipos (Gen)	1	0,0000	0,00	0,9669
Adubo Foliar (AF)	1	0,0142	11,89	0,0748
Herbicida (Herb)	2	0,0056	0,93	0,4135
Gen*Bloco	2	0,0012	0,20	0,8211
AF*Bloco	2	0,0067	1,12	0,3481
Gen*AF	1	0,0003	0,06	0,8171
Gen*Herb	2	0,0039	0,66	0,5313
AF*Herb	2	0,0105	1,76	0,2005
Gen*AF*Herb	2	0,0085	1,41	0,2695
Erro	18	0,0059		
Total	35			

APÊNDICE 5. Análise de variância para Taxa de transporte de elétrons em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato avaliada antes, 24 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

ETR Antes da aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	205,22	1,75	0,2020
Genótipos (Gen)	1	3624,04	43,34	0,0223
Adubo Foliar (AF)	1	3956,41	27,80	0,0341
Herbicida (Herb)	2	685,53	5,85	0,0111
Gen*Bloco	2	83,61	0,71	0,5034
AF*Bloco	2	142,31	1,21	0,3203
Gen*AF	1	22520,00	192,08	<,0001
Gen*Herb	2	7674,43	65,46	<,0001
AF*Herb	2	7319,93	62,43	<,0001
Gen*AF*Herb	2	445,31	3,80	0,0421
Erro	18	117,24		
Total	35			
ETR 24 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	203,24	0,89	0,4274
Genótipos (Gen)	1	48966,31	523,42	0,0019
Adubo Foliar (AF)	1	7729,34	33,82	0,0283
Herbicida (Herb)	2	28717,78	125,95	<,0001
Gen*Bloco	2	93,55	0,41	0,6695
AF*Bloco	2	228,54	1,00	0,3866
Gen*AF	1	1103,35	4,84	0,0411
Gen*Herb	2	1053,02	4,62	0,0240
AF*Herb	2	24196,83	106,12	<,0001
Gen*AF*Herb	2	7905,41	34,67	<,0001
Erro	18	228,00		
Total	35			
ETR 96 horas após a aplicação do Herbicida				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	14,04	0,23	0,7940
Genótipos (Gen)	1	2,83	0,52	0,5463
Adubo Foliar (AF)	1	3900,00	99,37	0,0099
Herbicida (Herb)	2	3356,37	55,88	<,0001
Gen*Bloco	2	5,47	0,09	0,9135
AF*Bloco	2	39,25	0,65	0,5322
Gen*AF	1	2,61	0,04	0,8371
Gen*Herb	2	99,67	1,66	0,2181
AF*Herb	2	4250,35	70,76	<,0001
Gen*AF*Herb	2	110,52	1,84	0,1875
Erro	18	60,06		
Total	35			

APÊNDICE 6. Análise de variância para Número de ramos, Número de legumes, Peso de 100 grãos, Número de legumes por planta e Rendimento de grãos em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Número de ramos				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	2,29	1,19	0,3367
Genótipos (Gen)	1	21,34	135,16	0,0073
Adubo Foliar (AF)	1	0,25	0,16	0,7278
Herbicida (Herb)	2	1,82	0,95	0,4154
Gen*Bloco	2	0,16	0,08	0,9216
AF*Bloco	2	1,55	0,81	0,4695
Gen*AF	1	2,61	1,36	0,2664
Gen*Herb	2	0,36	0,19	0,8323
AF*Herb	2	1,56	0,81	0,4660
Gen*AF*Herb	2	1,63	0,85	0,4522
Erro	12	1,91		
Total	29			

Número de legumes				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	333.67	1.49	0.2636
Genótipos (Gen)	1	395.96	17.84	0.0517
Adubo Foliar (AF)	1	208.13	11.83	0.0751
Herbicida (Herb)	2	9.13	0.04	0.9601
Gen*Bloco	2	22.20	0.10	0.9062
AF*Bloco	2	17.59	0.08	0.9248
Gen*AF	1	715.64	3.20	0.0988
Gen*Herb	2	407.77	1.82	0.2033
AF*Herb	2	624.52	2.79	0.1008
Gen*AF*Herb	2	333.74	1.49	0.2635
Erro	12	223.45		
Total	29			

Peso de 100 grãos				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	1,95	4,40	0,0369
Genótipos (Gen)	1	10,75	6,89	0,1197
Adubo Foliar (AF)	1	1,26	1,04	0,4143
Herbicida (Herb)	2	0,34	0,76	0,4896
Gen*Bloco	2	1,56	3,51	0,0630
AF*Bloco	2	1,21	2,71	0,1067
Gen*AF	1	0,28	0,63	0,4425
Gen*Herb	2	0,69	1,55	0,2512
AF*Herb	2	0,03	0,07	0,9346
Gen*AF*Herb	2	0,85	1,91	0,1902
Erro	12	0,44		
Total	29			

continuação APÊNDICE 6. Análise de variância para Número de ramos, Número de legumes, Peso de 100 grãos, Número de legumes por planta e Rendimento de grãos em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Número de legumes por planta				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	0,31	2,71	0,1066
Genótipos (Gen)	1	0,04	0,59	0,5217
Adubo Foliar (AF)	1	0,17	5,8	0,1377
Herbicida (Herb)	2	0,06	0,56	0,5871
Gen*Bloco	2	0,07	0,61	0,5577
AF*Bloco	2	0,03	0,26	0,7741
Gen*AF	1	0,17	1,51	0,2433
Gen*Herb	2	0,38	3,29	0,0727
AF*Herb	2	0,06	0,51	0,6151
Gen*AF*Herb	2	0,07	0,57	0,578
Erro	12	0,12		
Total	29			
Rendimento de grãos				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	2378,69	0,11	0,8927
Genótipos (Gen)	1	2622240	2894,22	0,0003
Adubo Foliar (AF)	1	126261,8	15,34	0,0594
Herbicida (Herb)	2	198707,1	9,54	0,0015
Gen*Bloco	2	906,03	0,04	0,9575
AF*Bloco	2	8229,86	0,4	0,6792
Gen*AF	1	122967,1	5,91	0,0258
Gen*Herb	2	104552,1	5,02	0,0185
AF*Herb	2	5774,11	0,28	0,761
Gen*AF*Herb	2	2364,11	0,11	0,8933
Erro	18	20823,38		
Total	35			

APÊNDICE 7. Análise de variância para Clorofila A, B e Total em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato antes da aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Clorofila A antes				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	13,23	3,83	0,0424
Genótipos (Gen)	1	1,66	0,27	0,6539
Adubo Foliar (AF)	1	0,00	0,00	0,9969
Herbicida (Herb)	2	0,38	0,11	0,8963
Gen*Bloco	2	6,11	1,77	0,2006
AF*Bloco	2	3,35	0,97	0,3990
Gen*AF	1	11,01	3,18	0,0922
Gen*Herb	2	4,86	1,41	0,2723
AF*Herb	2	1,74	0,50	0,6132
Gen*AF*Herb	2	4,49	1,30	0,2985
Erro	17	3,45		
Total	34			

Clorofila B antes				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	7,33	0,42	0,6650
Genótipos (Gen)	1	8,29	0,60	0,5195
Adubo Foliar (AF)	1	6,62	0,46	0,5658
Herbicida (Herb)	2	11,84	0,67	0,5224
Gen*Bloco	2	13,80	0,79	0,4714
AF*Bloco	2	14,24	0,81	0,4607
Gen*AF	1	25,38	1,45	0,2456
Gen*Herb	2	18,65	1,06	0,3673
AF*Herb	2	9,59	0,55	0,5889
Gen*AF*Herb	2	9,74	0,56	0,5840
Erro	17	17,54		
Total	34			

Clorofila total antes				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	21,47	0,65	0,5328
Genótipos (Gen)	1	16,51	1,82	0,3102
Adubo Foliar (AF)	1	6,87	0,28	0,6491
Herbicida (Herb)	2	11,51	0,35	0,7095
Gen*Bloco	2	9,09	0,28	0,7616
AF*Bloco	2	24,45	0,74	0,4899
Gen*AF	1	71,04	2,16	0,1597
Gen*Herb	2	40,72	1,24	0,3145
AF*Herb	2	18,38	0,56	0,5818
Gen*AF*Herb	2	27,60	0,84	0,4489
Erro	17	32,85		
Total	34			

APÊNDICE 8. Análise de variância para Clorofila A, B e Total em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato 24 horas após a aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Clorofila A 24 horas				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	131,54	70,12	<,0001
Genótipos (Gen)	1	0,09	0,00	0,9754
Adubo Foliar (AF)	1	0,28	0,06	0,8331
Herbicida (Herb)	2	2,09	1,11	0,3518
Gen*Bloco	2	76,64	40,86	<,0001
AF*Bloco	2	4,93	2,63	0,1011
Gen*AF	1	0,79	0,42	0,5251
Gen*Herb	2	0,04	0,02	0,9782
AF*Herb	2	0,44	0,24	0,7919
Gen*AF*Herb	2	3,49	1,86	0,1860
Erro	17	1,87		
Total	34			
Clorofila B 24 horas				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	20,18	44,30	<,0001
Genótipos (Gen)	1	0,37	0,05	0,8367
Adubo Foliar (AF)	1	0,29	0,07	0,8113
Herbicida (Herb)	2	0,39	0,86	0,4400
Gen*Bloco	2	6,67	14,65	0,0002
AF*Bloco	2	3,95	8,67	0,0025
Gen*AF	1	0,91	1,99	0,1761
Gen*Herb	2	0,48	1,06	0,3670
AF*Herb	2	1,11	2,43	0,1183
Gen*AF*Herb	2	0,40	0,89	0,4300
Erro	17	0,45		
Total	34			
Clorofila total 24 horas				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	2	229,39	53,08	<,0001
Genótipos (Gen)	1	1,56	0,01	0,9163
Adubo Foliar (AF)	1	0,68	0,03	0,8690
Herbicida (Herb)	2	3,46	0,80	0,4649
Gen*Bloco	2	110,84	25,65	<,0001
AF*Bloco	2	19,50	4,51	0,0268
Gen*AF	1	0,85	0,20	0,6627
Gen*Herb	2	1,42	0,33	0,7240
AF*Herb	2	6,05	1,40	0,2738
Gen*AF*Herb	2	8,57	1,98	0,1681
Erro	17	4,32		
Total	34			

APÊNDICE 9. Análise de variância para Clorofila A, B e Total em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato 96 horas após a aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Clorofila A 96 horas					
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância	
Bloco	2	19,59	2,33	0,1280	
Genótipos (Gen)	1	4,16	0,65	0,5037	
Adubo Foliar (AF)	1	13,17	1,33	0,3687	
Herbicida (Herb)	2	12,84	1,52	0,2461	
Gen*Bloco	2	6,36	0,76	0,4848	
AF*Bloco	2	9,94	1,18	0,3312	
Gen*AF	1	3,05	0,36	0,5550	
Gen*Herb	2	8,42	1,00	0,3887	
AF*Herb	2	0,30	0,04	0,9655	
Gen*AF*Herb	2	0,92	0,11	0,8975	
Erro	17	8,42			
Total	34				
Clorofila B 96 horas					
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância	
Bloco	2	39,10	1,57	0,2364	
Genótipos (Gen)	1	15,09	0,48	0,5613	
Adubo Foliar (AF)	1	23,76	1,63	0,3299	
Herbicida (Herb)	2	15,58	0,63	0,5465	
Gen*Bloco	2	31,67	1,27	0,3053	
AF*Bloco	2	14,58	0,59	0,5674	
Gen*AF	1	23,61	0,95	0,3437	
Gen*Herb	2	23,64	0,95	0,4062	
AF*Herb	2	12,97	0,52	0,6028	
Gen*AF*Herb	2	14,86	0,60	0,5614	
Erro	17	24,87			
Total	34				
Clorofila total 96 horas					
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância	
Bloco	2	107,87	2,61	0,1027	
Genótipos (Gen)	1	3,18	0,05	0,8407	
Adubo Foliar (AF)	1	73,36	2,82	0,2351	
Herbicida (Herb)	2	10,66	0,26	0,7757	
Gen*Bloco	2	61,15	1,48	0,2556	
AF*Bloco	2	26,02	0,63	0,5448	
Gen*AF	1	9,70	0,23	0,6342	
Gen*Herb	2	52,28	1,26	0,3075	
AF*Herb	2	17,51	0,42	0,6614	
Gen*AF*Herb	2	16,94	0,41	0,6702	
Erro	17	41,33			
Total	34				

APÊNDICE 10. Análise de variância dos Teores de Ferro e Manganês foliar em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato antes da aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Teor de Ferro antes da aplicação				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	1	5,06	0,00	0,9618
Genótipos (Gen)	1	5439,06	3,92	0,2978
Adubo Foliar (AF)	1	1314,06	1,09	0,4866
Herbicida (Herb)	1	3451,56	1,73	0,2458
Gen*Bloco	1	1387,56	0,69	0,4427
AF*Bloco	1	1207,56	0,60	0,4721
Gen*AF	1	612,56	0,31	0,6037
Gen*Herb	1	6601,56	3,30	0,1288
AF*Herb	1	1139,06	0,57	0,4843
Gen*AF*Herb	1	976,56	0,49	0,5157
Erro	5	1998,26		
Total	15			
Teor de manganês antes da aplicação				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	1	2730,06	11,49	0,0195
Genótipos (Gen)	1	60,06	0,44	0,6288
Adubo Foliar (AF)	1	60,06	0,40	0,6409
Herbicida (Herb)	1	95,06	0,40	0,5549
Gen*Bloco	1	138,06	0,58	0,4803
AF*Bloco	1	150,06	0,63	0,4629
Gen*AF	1	105,06	0,44	0,5356
Gen*Herb	1	770,06	3,24	0,1318
AF*Herb	1	76,56	0,32	0,5949
Gen*AF*Herb	1	33,06	0,14	0,7245
Erro	5	237,66		
Total	15			

APÊNDICE 11. Análise de variância dos Teores de Ferro e Manganês foliar em duas cultivares transgênicas em comparação com aplicação de adubo foliar e diferentes doses de glifosato antes da aplicação dos tratamentos. Porto Alegre, RS, 2012.

Teor de Ferro 96 horas após a aplicação				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	1	612,56	1,3	0,3062
Genótipos (Gen)	1	0,56	0	0,9775
Adubo Foliar (AF)	1	517,56	1,15	0,4783
Herbicida (Herb)	1	0,06	0	0,9913
Gen*Bloco	1	451,56	0,96	0,3729
AF*Bloco	1	451,56	0,96	0,3729
Gen*AF	1	976,56	2,07	0,2098
Gen*Herb	1	33,06	0,07	0,8018
AF*Herb	1	1,56	0	0,9563
Gen*AF*Herb	1	798,06	1,69	0,2502
Erro	5	471,96		
Total	15			
Teor de Manganês 96 horas após a aplicação				
Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrado médio	F	Significância
Bloco	1	4064,06	13,22	0,015
Genótipos (Gen)	1	315,06	4,12	0,2916
Adubo Foliar (AF)	1	162,56	0,19	0,7383
Herbicida (Herb)	1	189,06	0,61	0,4684
Gen*Bloco	1	855,56	2,78	0,1562
AF*Bloco	1	76,56	0,25	0,6389
Gen*AF	1	76,56	0,25	0,6389
Gen*Herb	1	315,06	1,02	0,3579
AF*Herb	1	1314,06	4,27	0,0936
Gen*AF*Herb	1	189,06	0,61	0,4684
Erro	5	307,46		
Total	15			

APÊNDICE 12. Análise de variância da fluorescência (Fs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fs ANTES				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	4222,22	3,30	0,0303
Genótipos (Gen)	2	3962,25	3,10	0,0565
Ferro	1	317,80	0,25	0,6211
Herbicida (Herbi)	2	3145,26	2,46	0,0989
Gen*Ferro	2	313,15	0,24	0,7842
Gen*Herbi	2	102,55	0,08	0,9232
Ferro*Herbi	2	3744,90	2,93	0,0655
Gen*Ferro*Herbi	2	227,69	0,18	0,8377
Erro	39	1280,19		
Total	55			
Fs 24 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	3726,09	1,95	0,1377
Genótipos (Gen)	2	10471,64	5,48	0,0080
Ferro	1	430,39	0,23	0,6379
Herbicida (Herbi)	2	1071,17	0,56	0,5757
Gen*Ferro	2	2924,52	1,53	0,2294
Gen*Herbi	2	799,50	0,42	0,6612
Ferro*Herbi	2	6120,02	3,20	0,0516
Gen*Ferro*Herbi	2	769,39	0,40	0,6715
Erro	39	1912,32		
Total	55			
Fs 48 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	3215,24	3,59	0,0224
Genótipos (Gen)	2	336,14	0,37	0,6899
Ferro	1	9919,81	11,06	0,0020
Herbicida (Herbi)	2	1802,38	2,01	0,1480
Gen*Ferro	2	1490,45	1,66	0,2032
Gen*Herbi	2	590,48	0,66	0,5234
Ferro*Herbi	2	1597,79	1,78	0,1821
Gen*Ferro*Herbi	2	955,91	1,07	0,3544
Erro	39	896,59		
Total	55			

continuação APÊNDICE 12. Análise de variância da fluorescência (Fs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fs 72 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	2781,03	3,48	0,0247
Genótipos (Gen)	2	18822,97	23,58	<,0001
Ferro	1	1833,42	2,30	0,1377
Herbicida (Herbi)	2	116,52	0,15	0,8647
Gen*Ferro	2	409,26	0,51	0,6029
Gen*Herbi	2	141,65	0,18	0,8381
Ferro*Herbi	2	1767,30	2,21	0,1229
Gen*Ferro*Herbi	2	1047,27	1,31	0,2810
Erro	39	798,42		
Total	55			
Fs 96 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	1822,32	1,25	0,3060
Genótipos (Gen)	2	24641,25	16,86	<,0001
Ferro	1	4302,30	2,94	0,0942
Herbicida (Herbi)	2	571,03	0,39	0,6793
Gen*Ferro	2	98,51	0,07	0,9349
Gen*Herbi	2	2371,64	1,62	0,2105
Ferro*Herbi	2	766,00	0,52	0,5963
Gen*Ferro*Herbi	2	474,93	0,32	0,7246
Erro	39	1461,85		
Total	55			

APÊNDICE 13. Análise de variância da fluorescência máxima (Fms) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fms ANTES				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	7487,64	2,74	0,0565
Genótipos (Gen)	2	457849,05	167,29	<,0001
Ferro	1	3183,21	1,16	0,2875
Herbicida (Herbi)	2	1523,32	0,56	0,5777
Gen*Ferro	2	3107,74	1,14	0,3317
Gen*Herbi	2	234,62	0,09	0,9180
Ferro*Herbi	2	822,45	0,30	0,7421
Gen*Ferro*Herbi	2	874,95	0,32	0,7283
Erro	39	2736,92		
Total	55			
Fms 24 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	1497,59	0,37	0,7741
Genótipos (Gen)	2	48673,47	12,07	<,0001
Ferro	1	5934,62	1,47	0,2324
Herbicida (Herbi)	2	3720,99	0,92	0,4060
Gen*Ferro	2	840,60	0,21	0,8128
Gen*Herbi	2	4083,27	1,01	0,3727
Ferro*Herbi	2	655,24	0,16	0,8506
Gen*Ferro*Herbi	2	1280,41	0,32	0,7299
Erro	39	4033,38		
Total	55			
Fms 48 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	4775,82	3,34	0,0293
Genótipos (Gen)	2	8862,01	6,19	0,0047
Ferro	1	2682,27	1,87	0,1791
Herbicida (Herbi)	2	3598,28	2,51	0,0944
Gen*Ferro	2	924,50	0,65	0,5299
Gen*Herbi	2	1157,79	0,81	0,4530
Ferro*Herbi	2	4493,53	3,14	0,0548
Gen*Ferro*Herbi	2	237,14	0,17	0,8480
Erro	39	1431,66		
Total	55			

continuação APÊNDICE 13. Análise de variância da fluorescência máxima (Fms) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fms 72 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	5251,05	2,79	0,0531
Genótipos (Gen)	2	57023,56	30,32	<,0001
Ferro	1	46746,03	24,85	<,0001
Herbicida (Herbi)	2	13132,45	6,98	0,0026
Gen*Ferro	2	3235,46	1,72	0,1924
Gen*Herbi	2	1013,64	0,54	0,5877
Ferro*Herbi	2	11468,54	6,10	0,0050
Gen*Ferro*Herbi	2	3462,16	1,84	0,1722
Erro	39	1880,95		
Total	55			
Fms 96 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	822,48	0,38	0,7702
Genótipos (Gen)	2	248081,49	113,67	<,0001
Ferro	1	13395,38	6,14	0,0177
Herbicida (Herbi)	2	12691,69	5,82	0,0062
Gen*Ferro	2	1958,95	0,90	0,4158
Gen*Herbi	2	200,21	0,09	0,9125
Ferro*Herbi	2	4943,62	2,27	0,1173
Gen*Ferro*Herbi	2	2916,54	1,34	0,2746
Erro	39	2182,38		
Total	55			

APÊNDICE 14. Análise de variância da fluorescência variável (Fvs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fvs ANTES				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	557,32	0,20	0,8964
Genótipos (Gen)	2	377163,46	134,75	<,0001
Ferro	1	1492,05	0,53	0,4697
Herbicida (Herbi)	2	1045,46	0,37	0,6907
Gen*Ferro	2	2022,92	0,72	0,4918
Gen*Herbi	2	30,97	0,01	0,9890
Ferro*Herbi	2	1159,31	0,41	0,6637
Gen*Ferro*Herbi	2	1977,07	0,71	0,4996
Erro	39	2798,91		
Total	55			
Fvs 24 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	5481,12	1,47	0,2381
Genótipos (Gen)	2	16291,38	4,36	0,0195
Ferro	1	3177,07	0,85	0,3619
Herbicida (Herbi)	2	8682,21	2,33	0,1111
Gen*Ferro	2	6785,27	1,82	0,1759
Gen*Herbi	2	2577,52	0,69	0,5074
Ferro*Herbi	2	3127,33	0,84	0,4404
Gen*Ferro*Herbi	2	2472,33	0,66	0,5214
Erro	39	3733,36		
Total	55			
Fvs 48 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	4035,38	3,61	0,0219
Genótipos (Gen)	2	5766,29	5,15	0,0105
Ferro	1	22913,55	20,47	<,0001
Herbicida (Herbi)	2	5812,92	5,19	0,0101
Gen*Ferro	2	1858,25	1,66	0,2036
Gen*Herbi	2	2410,79	2,15	0,1300
Ferro*Herbi	2	1870,98	1,67	0,2015
Gen*Ferro*Herbi	2	792,27	0,71	0,4991
Erro	39	1119,36		
Total	55			

continuação APÊNDICE 14. Análise de variância da fluorescência variável (Fvs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fvs 72 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	1838,05	0,86	0,4689
Genótipos (Gen)	2	10760,11	5,05	0,0112
Ferro	1	67108,95	31,47	<,0001
Herbicida (Herbi)	2	10998,69	5,16	0,0103
Gen*Ferro	2	5950,64	2,79	0,0737
Gen*Herbi	2	930,11	0,44	0,6496
Ferro*Herbi	2	5721,26	2,68	0,0810
Gen*Ferro*Herbi	2	8260,54	3,87	0,0292
Erro	39	2132,37		
Total	55			
Fvs 96 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	232,22	0,11	0,953
Genótipos (Gen)	2	124581,51	59,73	<,0001
Ferro	1	32860,93	15,75	0,0003
Herbicida (Herbi)	2	7898,26	3,79	0,0314
Gen*Ferro	2	2910,26	1,40	0,2599
Gen*Herbi	2	2211,33	1,06	0,3562
Ferro*Herbi	2	2824,93	1,35	0,2700
Gen*Ferro*Herbi	2	1735,70	0,83	0,4427
Erro	39	2085,78		
Total	55			

APÊNDICE 15. Análise de variância da eficiência quântica (Yield) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Yield ANTES				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0013	1,45	0,2440
Genótipos (Gen)	2	0,0137	15,37	<,0001
Ferro	1	0,0000	0,00	0,9964
Herbicida (Herbi)	2	0,0013	1,42	0,2541
Gen*Ferro	2	0,0003	0,34	0,7126
Gen*Herbi	2	0,0000	0,00	0,9983
Ferro*Herbi	2	0,0019	2,18	0,1263
Gen*Ferro*Herbi	2	0,0007	0,74	0,4824
Erro	39	0,0009		
Total	55			
Yield 24 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0026	2,65	0,0620
Genótipos (Gen)	2	0,0015	1,56	0,2234
Ferro	1	0,0000	0,00	0,9674
Herbicida (Herbi)	2	0,0021	2,11	0,1352
Gen*Ferro	2	0,0022	2,27	0,1163
Gen*Herbi	2	0,0002	0,19	0,8290
Ferro*Herbi	2	0,0031	3,19	0,0520
Gen*Ferro*Herbi	2	0,0006	0,59	0,5578
Erro	39	0,0010		
Total	55			
Yield 48 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0015	3,82	0,0175
Genótipos (Gen)	2	0,0000	0,11	0,8968
Ferro	1	0,0084	21,31	<,0001
Herbicida (Herbi)	2	0,0014	3,67	0,0348
Gen*Ferro	2	0,0008	2,14	0,1321
Gen*Herbi	2	0,0006	1,44	0,2486
Ferro*Herbi	2	0,0005	1,36	0,2688
Gen*Ferro*Herbi	2	0,0004	0,98	0,3844
Erro	39	0,0004		
Total	55			

continuação APÊNDICE 15. Análise de variância da eficiência quântica (Yield) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Yield 72 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0009	1,93	0,1410
Genótipos (Gen)	2	0,0037	8,01	0,0012
Ferro	1	0,0055	12,07	0,0013
Herbicida (Herbi)	2	0,0002	0,50	0,6133
Gen*Ferro	2	0,0008	1,76	0,1851
Gen*Herbi	2	0,0000	0,07	0,9293
Ferro*Herbi	2	0,0004	0,97	0,3874
Gen*Ferro*Herbi	2	0,0011	2,36	0,1079
Erro	39	0,0005		
Total	55			
Yield 96 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0009	1,22	0,3137
Genótipos (Gen)	2	0,0019	2,66	0,0827
Ferro	1	0,0057	8,08	0,0071
Herbicida (Herbi)	2	0,0000	0,01	0,9917
Gen*Ferro	2	0,0004	0,63	0,5390
Gen*Herbi	2	0,0014	1,98	0,1520
Ferro*Herbi	2	0,0002	0,35	0,7095
Gen*Ferro*Herbi	2	0,0001	0,21	0,8123
Erro	39	0,0007		
Total	55			

APÊNDICE 16. Análise de variância da taxa de transporte de elétrons (ETR) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Antes da aplicação do Glyphosate				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	568,78	35,63	<,0001
Genótipos (Gen)	2	1338,67	83,86	<,0001
Ferro	1	0,16	0,01	0,9214
Herbicida (Herbi)	2	9,77	0,61	0,5475
Gen*Ferro	2	2,39	0,15	0,8617
Gen*Herbi	2	26,27	1,65	0,2060
Ferro*Herbi	2	62,53	3,92	0,0282
Gen*Ferro*Herbi	2	20,83	1,30	0,2828
Erro	39	15,96		
Total	55			
24 horas após a aplicação				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	440,19	24,93	<,0001
Genótipos (Gen)	2	467,01	26,45	<,0001
Ferro	1	9,14	0,52	0,4762
Herbicida (Herbi)	2	30,19	1,71	0,1942
Gen*Ferro	2	97,97	5,55	0,0076
Gen*Herbi	2	54,42	3,08	0,0572
Ferro*Herbi	2	47,21	2,67	0,0816
Gen*Ferro*Herbi	2	177,32	10,04	0,0003
Erro	39	17,65		
Total	55			
48 horas após a aplicação				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	124,26	7,54	0,0004
Genótipos (Gen)	2	66,61	4,04	0,0256
Ferro	1	100,72	6,11	0,0180
Herbicida (Herbi)	2	10,94	0,66	0,5208
Gen*Ferro	2	4,13	0,25	0,7794
Gen*Herbi	2	74,63	4,53	0,0172
Ferro*Herbi	2	25,47	1,55	0,2264
Gen*Ferro*Herbi	2	19,00	1,15	0,3265
Erro	39	16,48		
Total	55			

continuação APÊNDICE 16. Análise de variância da taxa de transporte de elétrons (ETR) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

72 horas após a aplicação				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	49,19	9,75	<,0001
Genótipos (Gen)	2	374,17	74,19	<,0001
Ferro	1	53,77	10,66	0,0023
Herbicida (Herbi)	2	3,41	0,68	0,5144
Gen*Ferro	2	36,6	7,26	0,0021
Gen*Herbi	2	8,51	1,69	0,1981
Ferro*Herbi	2	9,51	1,89	0,1652
Gen*Ferro*Herbi	2	76,36	15,14	<,0001
Erro	39	5,04		
Total	55			
96 horas após a aplicação				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	6,91	5,02	0,0049
Genótipos (Gen)	2	131,66	95,67	<,0001
Ferro	1	20,95	15,22	0,0004
Herbicida (Herbi)	2	1,18	0,86	0,4314
Gen*Ferro	2	19,99	14,52	<,0001
Gen*Herbi	2	4,06	2,95	0,064
Ferro*Herbi	2	49,7	36,11	<,0001
Gen*Ferro*Herbi	2	27,16	19,73	<,0001
Erro	39	1,37		
Total	55			

APÊNDICE 17. Análise de variância da massa seca em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

MASSA SECA				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	1,88	1,37	0,2671
Genótipos (Gen)	2	76,61	55,57	<,0001
Ferro	1	6,21	4,51	0,0402
Herbicida (Herbi)	2	11,39	8,26	0,0010
Gen*Ferro	2	9,23	6,70	0,0032
Gen*Herbi	2	5,68	4,12	0,0238
Ferro*Herbi	2	0,39	0,29	0,7526
Gen*Ferro*Herbi	2	0,29	0,21	0,8095
Erro	39	1,37		
Total	55			

APÊNDICE 18. Análise de variância do teor foliar de Ferro em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de ferro na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	2	312,43	0,62	0,5480
Genótipo (Gen)	2	866,52	1,73	0,2063
Ferro (Fe)	1	8155,47	16,24	0,0008
Herbicida (Herb)	1	2752,04	5,48	0,0309
Gen*Fe	2	1318,02	2,62	0,1000
Gen*Herb	1	0,04	0,00	0,9928
Fe*Herb	1	35,04	0,07	0,7947
Gen*Fe*Herb	1	551,04	1,10	0,3087
Erro	18	502,21		
Total	29			

APÊNDICE 19. Análise de variância da fluorescência (Fs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fs ANTES				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	8829,19	5,49	0,003
Genótipos (Gen)	2	1698,45	1,06	0,357
Manganês (Mn)	1	14113,5	8,78	0,005
Herbicida (Herbi)	2	2725,71	1,7	0,197
Gen*Mn	2	193,22	0,12	0,887
Gen*Herbi	2	1035,39	0,64	0,531
Mn*Herbi	2	1646,59	1,02	0,368
Gen*Mn*Herbi	2	124,46	0,08	0,926
Erro	39	1606,85		
Total	55			
Fs 24 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	11502,1	4,7	0,0068
Genótipos (Gen)	2	1703,15	0,7	0,5048
Manganês (Mn)	1	876,04	0,36	0,5532
Herbicida (Herbi)	2	3674,95	1,5	0,2355
Gen*Mn	2	48,75	0,02	0,9803
Gen*Herbi	2	2118,47	0,87	0,4288
Mn*Herbi	2	261,67	0,11	0,8989
Gen*Mn*Herbi	2	2290,3	0,94	0,401
Erro	39	2448,24		
Total	55			

continuação APÊNDICE 19. Análise de variância da fluorescência (Fs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fs 48 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	9332,5	2,26	0,0969
Genótipos (Gen)	2	7645,19	1,85	0,1708
Manganês (Mn)	1	5612,04	1,36	0,251
Herbicida (Herbi)	2	2220,29	0,54	0,5887
Gen*Mn	2	1387,41	0,34	0,7169
Gen*Herbi	2	443,08	0,11	0,8986
Mn*Herbi	2	6615,44	1,6	0,2148
Gen*Mn*Herbi	2	8651,12	2,09	0,137
Erro	39	4133,49		
Total	55			

Fs 72 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	1245,59	3,85	0,017
Genótipos (Gen)	2	840,06	2,60	0,087
Manganês (Mn)	1	11,73	0,04	0,850
Herbicida (Herbi)	2	410,02	1,27	0,293
Gen*Mn	2	500,56	1,55	0,226
Gen*Herbi	2	352,84	1,09	0,346
Mn*Herbi	2	95,13	0,29	0,747
Gen*Mn*Herbi	2	1285,32	3,97	0,027
Erro	39	323,61		
Total	55			

Fs 96 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	10947,75	4,11	0,013
Genótipos (Gen)	2	1359,20	0,51	0,604
Manganês (Mn)	1	286,66	0,11	0,745
Herbicida (Herbi)	2	8060,75	3,03	0,060
Gen*Mn	2	1799,03	0,68	0,515
Gen*Herbi	2	1,63	0,00	0,999
Mn*Herbi	2	6992,77	2,63	0,085
Gen*Mn*Herbi	2	1069,81	0,40	0,672
Erro	39	2662,15		
Total	55			

APÊNDICE 20. Análise de variância da fluorescência máxima (Fms) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fms ANTES				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	7000,04	2,85	0,0496
Genótipos (Gen)	2	11175,74	4,55	0,0167
Manganês (Mn)	1	38195,83	15,56	0,0003
Herbicida (Herbi)	2	4950,67	2,02	0,1467
Gen*Mn	2	824,77	0,34	0,7167
Gen*Herbi	2	310,85	0,13	0,8814
Mn*Herbi	2	4208,27	1,71	0,1934
Gen*Mn*Herbi	2	561,47	0,23	0,7966
Erro	39	2454,85		
Total	55			
Fms 24 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	5039,35	2,28	0,0947
Genótipos (Gen)	2	1737,19	0,79	0,4631
Manganês (Mn)	1	35805,38	16,19	0,0003
Herbicida (Herbi)	2	4291,21	1,94	0,1573
Gen*Mn	2	1357,99	0,61	0,5464
Gen*Herbi	2	484,10	0,22	0,8044
Mn*Herbi	2	747,59	0,34	0,7153
Gen*Mn*Herbi	2	1819,49	0,82	0,4468
Erro	39	2212,14		
Total	55			
Fms 48 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	40260,36	3,82	0,0171
Genótipos (Gen)	2	2541,25	0,24	0,7869
Manganês (Mn)	1	1083,03	0,10	0,7502
Herbicida (Herbi)	2	956,01	0,09	0,9135
Gen*Mn	2	736,34	0,07	0,9326
Gen*Herbi	2	9025,01	0,86	0,4325
Mn*Herbi	2	5944,06	0,56	0,5735
Gen*Mn*Herbi	2	12416,68	1,18	0,3185
Erro	39	10537,71		
Total	55			

continuação APÊNDICE 20. Análise de variância da fluorescência máxima (Fms) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fms 72 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	3618,33	1,89	0,1474
Genótipos (Gen)	2	4613,37	2,41	0,1032
Manganês (Mn)	1	45,68	0,02	0,8781
Herbicida (Herbi)	2	13894,17	7,25	0,0021
Gen*Mn	2	2804,18	1,46	0,2437
Gen*Herbi	2	1093,27	0,57	0,5697
Mn*Herbi	2	503,28	0,26	0,7703
Gen*Mn*Herbi	2	528,22	0,28	0,7604
Erro	39	1915,29		
Total	55			

Fms 96 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	38384,76	8,81	0,000
Genótipos (Gen)	2	37056,90	8,50	0,001
Manganês (Mn)	1	10785,77	2,48	0,124
Herbicida (Herbi)	2	47020,88	10,79	0,000
Gen*Mn	2	15461,85	3,55	0,039
Gen*Herbi	2	6120,95	1,40	0,258
Mn*Herbi	2	15383,88	3,53	0,039
Gen*Mn*Herbi	2	1348,36	0,31	0,736
Erro	39	4357,41		
Total	55			

APÊNDICE 21. Análise de variância da fluorescência variável (Fvs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fvs ANTES				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	3848,65	1,32	0,282
Genótipos (Gen)	2	4771,12	1,64	0,208
Manganês (Mn)	1	98745,38	33,85	<,0001
Herbicida (Herbi)	2	12651,72	4,34	0,020
Gen*Mn	2	301,99	0,10	0,902
Gen*Herbi	2	2326,67	0,80	0,458
Mn*Herbi	2	8375,26	2,87	0,069
Gen*Mn*Herbi	2	173,82	0,06	0,942
Erro	39	2917,41		
Total	55			
Fvs 24 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	2996,98	1,18	0,330
Genótipos (Gen)	2	2089,51	0,82	0,447
Manganês (Mn)	1	25480,17	10,03	0,003
Herbicida (Herbi)	2	10974,51	4,32	0,020
Gen*Mn	2	1869,03	0,74	0,486
Gen*Herbi	2	2697,80	1,06	0,356
Mn*Herbi	2	1662,24	0,65	0,525
Gen*Mn*Herbi	2	103,89	0,04	0,960
Erro	39	2540,52		
Total	55			
Fvs 48 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	12356,40	1,18	0,329
Genótipos (Gen)	2	6795,80	0,65	0,528
Manganês (Mn)	1	11625,78	1,11	0,298
Herbicida (Herbi)	2	503,90	0,05	0,953
Gen*Mn	2	2275,56	0,22	0,805
Gen*Herbi	2	5477,81	0,52	0,596
Mn*Herbi	2	22,34	0,00	0,998
Gen*Mn*Herbi	2	3633,33	0,35	0,709
Erro	39	10459,18		
Total	55			

continuação APÊNDICE 21. Análise de variância da fluorescência variável (Fvs) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fvs 72 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	836,55	0,64	0,5966
Genótipos (Gen)	2	1561,07	1,19	0,3162
Manganês (Mn)	1	103,70	0,08	0,7804
Herbicida (Herbi)	2	11764,69	8,94	0,0006
Gen*Mn	2	1041,58	0,79	0,4604
Gen*Herbi	2	219,51	0,17	0,8470
Mn*Herbi	2	979,34	0,74	0,4818
Gen*Mn*Herbi	2	188,34	0,14	0,8671
Erro	39	1316,18		
Total	55			
Fvs 96 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	14416,06	4,12	0,0127
Genótipos (Gen)	2	24384,36	6,97	0,0026
Manganês (Mn)	1	14589,14	4,17	0,0482
Herbicida (Herbi)	2	16368,23	4,68	0,0153
Gen*Mn	2	11730,18	3,35	0,0457
Gen*Herbi	2	6319,39	1,81	0,1783
Mn*Herbi	2	1980,15	0,57	0,5727
Gen*Mn*Herbi	2	2673,76	0,76	0,4729
Erro	39	3500,77		
Total	55			

APÊNDICE 22. Análise de variância da eficiência quântica (Yield) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Yield ANTES				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0046	3,90	0,016
Genótipos (Gen)	2	0,0003	0,22	0,807
Manganês (Mn)	1	0,0233	19,66	<,0001
Herbicida (Herbi)	2	0,0037	3,11	0,056
Gen*Mn	2	0,0000	0,02	0,980
Gen*Herbi	2	0,0008	0,70	0,504
Mn*Herbi	2	0,0023	1,94	0,158
Gen*Mn*Herbi	2	0,0000	0,02	0,978
Erro	39	0,0011		
Total	55			

Yield 24 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0059	4,24	0,0109
Genótipos (Gen)	2	0,0010	0,70	0,5015
Manganês (Mn)	1	0,0003	0,25	0,6192
Herbicida (Herbi)	2	0,0034	2,47	0,0977
Gen*Mn	2	0,0001	0,10	0,9028
Gen*Herbi	2	0,0014	1,00	0,3757
Mn*Herbi	2	0,0003	0,23	0,7994
Gen*Mn*Herbi	2	0,0006	0,44	0,6464
Erro	39	0,0013		
Total	55			

Yield 48 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0010	0,39	0,764
Genótipos (Gen)	2	0,0044	1,66	0,203
Manganês (Mn)	1	0,0050	1,88	0,178
Herbicida (Herbi)	2	0,0008	0,31	0,733
Gen*Mn	2	0,0008	0,29	0,750
Gen*Herbi	2	0,0000	0,00	0,998
Mn*Herbi	2	0,0028	1,06	0,356
Gen*Mn*Herbi	2	0,0032	1,23	0,304
Erro	39	0,0026		
Total	55			

APÊNDICE 22. Análise de variância da eficiência quântica (Yield) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Yield 72 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0003	1,90	0,1460
Genótipos (Gen)	2	0,0001	0,80	0,4582
Manganês (Mn)	1	0,0000	0,17	0,6789
Herbicida (Herbi)	2	0,0004	2,28	0,1161
Gen*Mn	2	0,0001	0,50	0,6129
Gen*Herbi	2	0,0001	0,86	0,4330
Mn*Herbi	2	0,0001	0,78	0,4646
Gen*Mn*Herbi	2	0,0008	4,82	0,0135
Erro	39	0,0001		
Total	55			
Yield 96 HORAS				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	0,0024	2,18	0,1065
Genótipos (Gen)	2	0,0002	0,19	0,8286
Manganês (Mn)	1	0,0010	0,86	0,3591
Herbicida (Herbi)	2	0,0004	0,37	0,6965
Gen*Mn	2	0,0010	0,88	0,4236
Gen*Herbi	2	0,0005	0,49	0,6139
Mn*Herbi	2	0,0012	1,09	0,3472
Gen*Mn*Herbi	2	0,0008	0,72	0,4915
Erro	39	0,0011		
Total	55			

APÊNDICE 23. Análise de variância da taxa de transporte de elétrons (ETR) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Antes da aplicação		
		Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	17,41	0,72	0,5436
Genótipos (Gen)	2	23,94	1,00	0,3786
Manganês (Mn)	1	3440,82	143,12	<,0001
Herbicida (Herbi)	2	107,15	4,46	0,0181
Gen*Mn	2	9,29	0,39	0,6819
Gen*Herbi	2	164,92	6,86	0,0028
Mn*Herbi	2	671,12	27,92	<,0001
Gen*Mn*Herbi	2	60,40	2,51	0,0941
Erro	39	24,04		
Total	55			

Fonte de variação	Graus de Liberdade	24 horas após aplicação		
		Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	4,19	2,76	0,0551
Genótipos (Gen)	2	3,07	2,02	0,1460
Manganês (Mn)	1	407,18	267,85	<,0001
Herbicida (Herbi)	2	52,89	34,79	<,0001
Gen*Mn	2	17,78	11,70	0,0001
Gen*Herbi	2	5,48	3,61	0,0366
Mn*Herbi	2	5,66	3,73	0,0330
Gen*Mn*Herbi	2	5,46	3,59	0,0369
Erro	39	1,52		
Total	55			

Fonte de variação	Graus de Liberdade	48 horas após aplicação		
		Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	35,5	0,62	0,6073
Genótipos (Gen)	2	65,56	1,14	0,3297
Manganês (Mn)	1	388,99	6,77	0,013
Herbicida (Herbi)	2	7,27	0,13	0,8814
Gen*Mn	2	139,66	2,43	0,1011
Gen*Herbi	2	30,03	0,52	0,5968
Mn*Herbi	2	557,72	9,71	0,0004
Gen*Mn*Herbi	2	147,73	2,57	0,0892
Erro	39	57,41		
Total	55			

continuação APÊNDICE 23. Análise de variância da taxa de transporte de elétrons (ETR) em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	72 horas após aplicação		
		Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	2,99	0,98	0,4106
Genótipos (Gen)	2	2,01	0,66	0,5223
Manganês (Mn)	1	13,40	4,41	0,0422
Herbicida (Herbi)	2	5,27	1,74	0,1897
Gen*Mn	2	1,14	0,37	0,6905
Gen*Herbi	2	2,94	0,97	0,3887
Mn*Herbi	2	1,43	0,47	0,6277
Gen*Mn*Herbi	2	3,51	1,16	0,3249
Erro	39	3,03		
Total	55			

Fonte de variação	Graus de Liberdade	96 horas após aplicação		
		Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	9,48	1,14	0,3461
Genótipos (Gen)	2	2,35	0,28	0,7558
Manganês (Mn)	1	107,66	12,92	0,0009
Herbicida (Herbi)	2	112,52	13,51	<,0001
Gen*Mn	2	129,89	15,59	<,0001
Gen*Herbi	2	54,76	6,57	0,0035
Mn*Herbi	2	70,28	8,44	0,0009
Gen*Mn*Herbi	2	26,72	3,21	0,0516
Erro	39	8,33		
Total	55			

APÊNDICE 24. Análise de variância da massa seca em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

MASSA SECA				
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	3	5,15	4,53	0,0081
Genótipos (Gen)	2	11,51	10,13	0,0003
Manganês (Mn)	1	1,65	1,45	0,2358
Herbicida (Herbi)	2	0,30	0,26	0,7712
Gen*Mn	2	1,75	1,54	0,2277
Gen*Herbi	2	0,01	0,01	0,9877
Mn*Herbi	2	0,07	0,06	0,9382
Gen*Mn*Herbi	2	3,51	3,09	0,0568
Erro	39	1,13		
Total	55			

APÊNDICE 25. Análise de variância do teor foliar de manganês em três cultivares de soja conduzidas com ausência e presença de manganês na solução nutritiva sob aplicação de diferentes doses de herbicida glifosato. Porto Alegre, RS, 2012.

Fontes de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F	Significância
Repetição	2	3,23	0,19	0,8282
Genótipo (Gen)	2	136,81	8,06	0,0032
Manganês (Mn)	1	1488,70	87,70	<,0001
Herbicida (Herb)	1	60,17	3,54	0,0760
Gen*Mn	2	64,83	3,82	0,0414
Gen*Herb	1	37,50	2,21	0,1545
Mn*Herb	1	80,67	4,75	0,0428
Gen*Mn*Herb	1	0,00	0,00	1,0000
Erro	18	16,97		
Total	29			

9 VITA

Juliano Fuhrmann Wagner é filho de Valmir José Wagner e Sirlei Alma Fuhrmann Wagner. Nasceu em Ijuí-RS, em 10 de outubro de 1985. Coursou o primeiro grau no Instituto Municipal de Educação Assis Brasil - IMEAB, em Ijuí-RS. O segundo grau cursou na Escola Técnica Estadual 25 de Julho, em Ijuí-RS.

Em 2004, ingressou no Curso de Agronomia da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, em Ijuí-RS, onde graduou-se Engenheiro Agrônomo no ano de 2009.

Em 2010, ingressou no curso de Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre-RS.