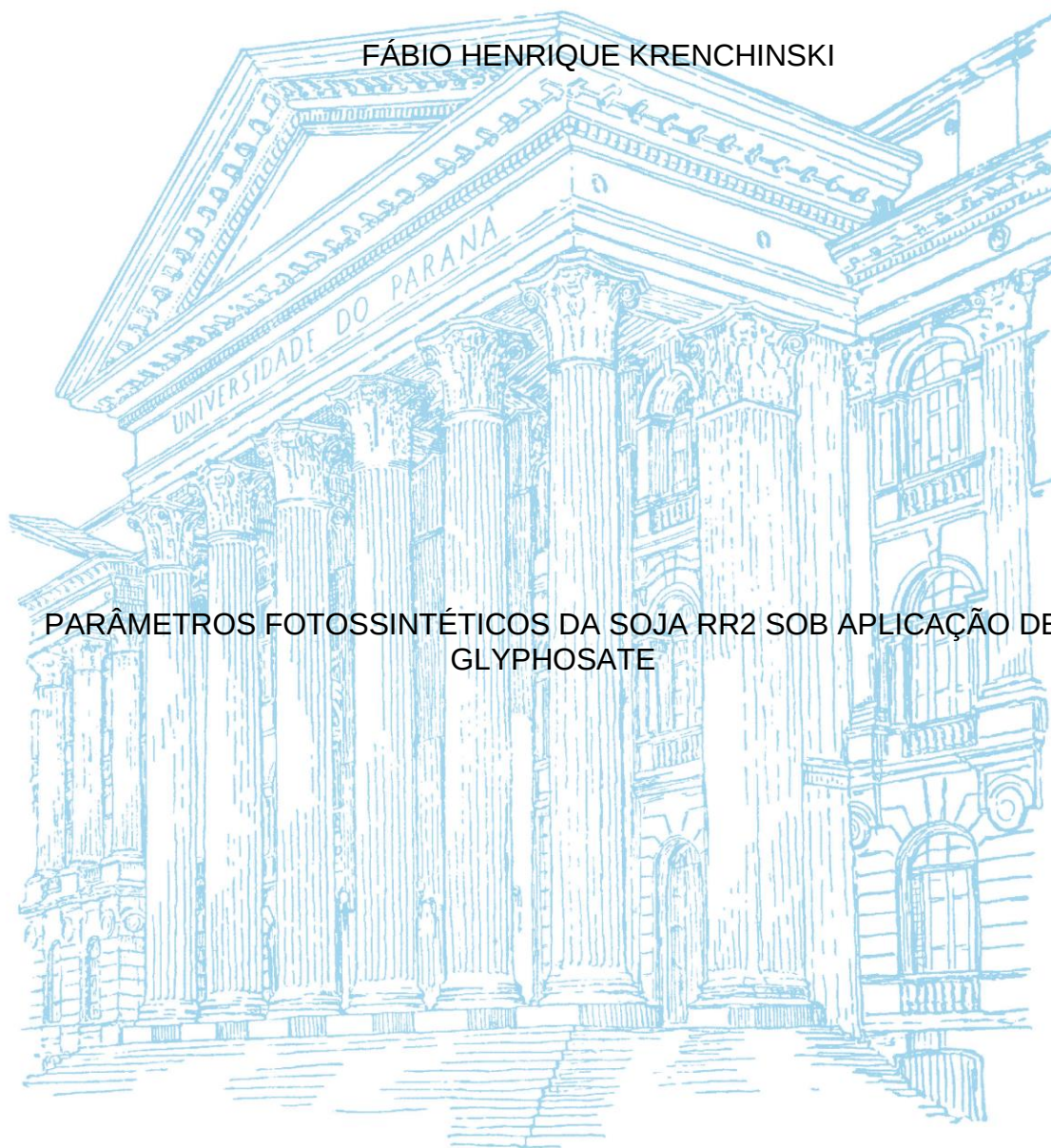


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FÁBIO HENRIQUE KRENCHINSKI

PARÂMETROS FOTOSSINTÉTICOS DA SOJA RR2 SOB APLICAÇÃO DE
GLYPHOSATE



PALOTINA
2015

FÁBIO HENRIQUE KRENCHINSKI

PARÂMETROS FOTOSSINTÉTICOS DA SOJA RR2 SOB APLICAÇÃO DE GLYPHOSATE

Trabalho apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo da
Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina.

Orientador: Prof. Leandro Paiola Albrecht

PALOTINA

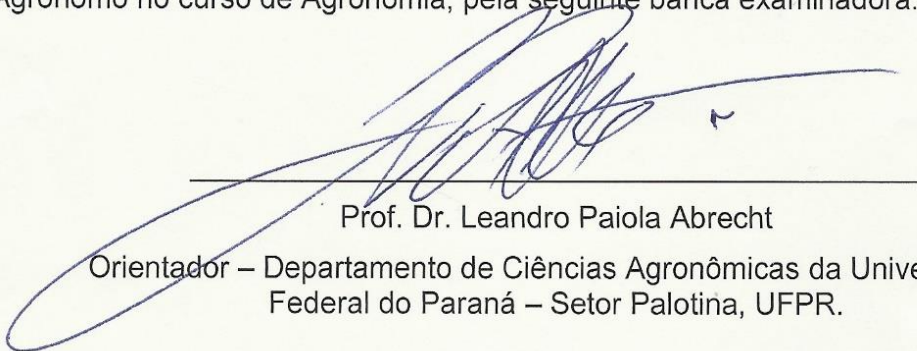
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

FÁBIO HENRIQUE KRENCHINSKI

PARÂMETROS FOTOSSINTÉTICOS DA SOJA RR2 SOB APLICAÇÃO DE GLYPHOSATE

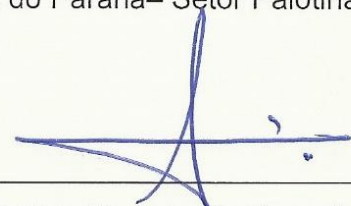
Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo no curso de Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Leandro Paiola Abrecht
Orientador – Departamento de Ciências Agronômicas da Universidade
Federal do Paraná – Setor Palotina, UFPR.



Prof. Msc. Alfredo Junior Paiola Albrecht
Docente - Departamento de Ciências Agronômicas da Universidade
Federal do Paraná– Setor Palotina, UFPR.



Eng. Agrônomo. Dr. Luiz Henrique Saes Zobiole
Pesquisador Crop Protection R&D e lider de pesquisa em projetos para
novos herbicidas – Dow Agrosiences.

Palotina

2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que com suas palavras e ensinamentos deu-me sabedoria, perseverança e iluminou meus caminhos para chegar onde estou.

A minha família, em especial ao meu pai Benjamin Antônio Krenchinski e minha mãe Tânia Reni Kohl Krenchinski, pelo apoio e excelentes exemplos de vida e união. Aos meus irmãos Leandro e Kelli que pelo companheirismo e convívio, são hoje os meus melhores amigos. A minha cunhada Vanessa e a pequena Maria Julia que tanta alegria nos traz.

Ao meu grande orientador e amigo Leandro Paiola Albrecht, agradeço por todos os seus conselhos, incentivos e tempo dedicado para que eu me desenvolvesse não só como aluno e orientado, mas também como profissional e como pessoa.

Agradeço também de forma especial o amigo e professor Alfredo Junior Paiola Albrecht que mesmo não sendo meu orientador me proporcionou grande aprendizado e excelentes exemplos. Ao professor e amigo Laercio que me deu várias dicas e ensinamentos sobre estatística e também ao professor e amigo Roberto pela ajuda nesse trabalho. Agradeço também a todos professores do curso pelos seus ensinamentos e tempo gasto em minha formação.

Da vida não levamos bem materiais ou dinheiro, mas sim lembranças de uma vida com muitos amigos e bons momentos, por isso não poderia deixar de agradecer todos os amigos que os momentos da Universidade me proporcionaram. Primeiramente começando com meus amigos e irmãos de convivência, morando junto por quase 4 anos Danilo, Victor, Eduardo e Francis. Aos amigos Roger, Vinicius, Katle, Gabi, Day, Evaldo, Bonin, Harthur, Andreos, Eduardo José, Wesley, Herbet, Henrique Villetti e Giovana. Enfim não posso citar todos aqui, por isso quero deixar evidente que meus amigos foram essenciais para a minha formação pessoal e profissional.

Em especial ao Grupo de Pesquisa em Sistemas Sustentáveis de Produção Agrícola (SUPRA), o qual tive a oportunidade de expressar meu potencial de gestão e liderança, agradeço também a todos integrantes do grupo pela confiança e pela ajuda nesse trabalho e tenho certeza que se não fosse o empenho de vários, esse trabalho não atingiria tanta magnitude.

RESUMO

A soja RR2 Intacta vem ganhando destaque no seu uso pelos produtores. Entretanto têm-se observado injúrias visuais a campo, após a aplicação de glyphosate. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os parâmetros fotossintéticos da soja RR2 sob aplicação de glyphosate. Para isso foi realizado um experimento em casa de vegetação, no delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3X4 em que, três foram as doses de glyphosate (0, 720 e 2160 g.e.a. ha⁻¹) e quatro foram as cultivares de soja RR2 Intacta avaliadas Monsoy 6410 IPRO (Cultivar 1); Monsoy 6210 IPRO (Cultivar 2); Nideira 5959 IPRO (Cultivar 3); Nideira 6909 IPRO (Cultivar 4). O glyphosate utilizado foi o sal de isopropilamina + sal de potássio, em aplicação no estágio fenológico em V4. As variáveis analisadas foram fitotoxicidade aos 7, 14, 21 e 28 DAA, Índice de clorofila total, aos 0, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 DAA, e foram medidos ainda aos 40 DAA os parâmetros fotossintéticos *A* – Taxa de assimilação líquida de CO₂ (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹); *E* – Taxa de transpiração (mmol H₂O m⁻² s⁻¹); *g_s* – Condutância estomática (mol m⁻² s⁻¹) e *Ci* -Concentração interna de CO₂. Foram ainda calculadas as relações: *EUA* (eficiência no uso da água) = *A/E* e a eficiência de carboxilação = *A/Ci*. Os dados foram submetidos à análise de variância (*p*≤0,05), a partir daí foram realizados os desdobramentos necessários, em que as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (*p*≤0,05) e a análise de regressão para o fator doses. Os resultados de fitotoxicidade foram evidentes até aos 21 DAA em todas as cultivares, no qual a cultivar dois foi a mais prejudicada. Foi observado redução dos índices de clorofila com o aumento das doses do glyphosate até os 35 DAA. Quanto aos parâmetros fotossintéticos não foram observadas diferenças em *G_s* e *EUA*. Os parâmetros *A*, *E* e *A/Ci* mostraram-se maiores com o aumento das doses e a *Ci* diminui com o aumento das doses. Conclui-se que o glyphosate prejudicou as cultivares de soja, sendo algumas mais sensíveis como a cultivar 1, 2 e 3. A soja RR2 tem capacidade de se recuperar das injúrias da intoxicação visual, no índice de clorofila e nos parâmetros fotossintéticos após a aplicação de doses de glyphosate.

Palavras-chave: Soja Roundp Ready 2, índice de clorofila, taxa de assimilação líquida de CO₂.

ABSTRACT

The RR2 Intacta soybean is a technology for cultivation that is conquering most of farmers. However, it has been noticed some visual injuries after the glyphosate application. So, the aim of this study was to evaluate photosynthetic parameters of RR2 Soybean under the application of glyphosate. This experiment was held in greenhouse conditions and conducted in the randomized block design, in a 3x4 factorial scheme, with three doses of glyphosate (0, 720 and 2160 g. e.a ha⁻¹) and four soybean cultivars (Monsoy 6410 IPRO – Cultivar 1; Monsoy 6210 IPRO – Cultivar 2; Nidera 5959 IPRO – Cultivar 3; and Nidera 6909 IPRO – Cultivar 4). The glyphosate formula used was isopropylamine salt + Potassium salt and its application was made when the plants had four trifoliates (V4). The parameters analyzed were phytotoxicity at 7, 14, 21 and 28 days after application, chlorophyll total index at 0, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42 and 49 days after application. Furthermore, 40 days after application the CO₂ assimilation rate (CO₂ umol m⁻² s⁻¹) – factor A; transpiration rate (mmol H₂O m⁻² s⁻¹) – factor E; stomatal conductance (mol m⁻² s⁻¹) – factor G_s; and CO₂ internal concentration (factor C_i) were evaluate as well. The water-use efficiency (WUE) and carboxylation efficiency were calculated. After the results were undergone to variance analysis (p≤0.05), the required unfolding was made, and the results were compared using Tukey test (p≤0.05). Aiming a better elucidation for dose factor, a regression analysis was made. The phytotoxicity influence could be seen until 21 days after application, in which Monsoy 6210 IPRO cultivar was the most injured. The increasing doses promoted a reduction of the chlorophyll level up to 35 days after application. There was no difference for the water-use and carboxylation efficiency. The parameters A, E and A/C_i showed a positive correlation as the doses increased, while C_i *per se* reduced. The application of glyphosate over soybean causes different injuries according to the cultivar sensibility. The RR2 soybean has the ability to recover from visual intoxication injuries, chlorophyll rate and photosynthetic parameters after the glyphosate application.

Keywords: soybeans Roundp Ready 2, chlorophyll index, CO₂ assimilation rate.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fitotoxicidade de cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 7 e 14 DAA.

..... 17

Tabela 2. Fitotoxicidade de cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 21 DAA. 17

Tabela 3. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 0 e 3 DAA. 19

Tabela 4. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 7 e 14 DAA. 20

Tabela 5. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 21 e 28 DAA. 20

Tabela 6. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 35 e 42 DAA. 20

Tabela 7. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 49 DAA. 21

Tabela 8. A – Taxa de assimilação líquida de CO₂ (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) e Eficiência de carboxilação (A/Ci) dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO

(2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, em estágio R4 aos 40 DAA. 25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regressão linear de fitotoxicidade em cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, nas doses de 0, 720, 2160 g.e.a ha⁻¹ aos 7 (A), 14 (B) e 21 (C) DAA. 18

Figura 2. Regressão linear para o Índice de clorofila em cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, nas doses de 0, 720, 2160 g.e.a ha⁻¹ aos 3 (A) e 7 (B) DAA. 22

Figura 3. Regressão linear para o Índice de clorofila em cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, nas doses de 0, 720, 2160 g.e.a ha⁻¹ aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) DAA. 23

Figura 4. Regressão linear para Ci -Concentração interna de CO₂ (A), A – Taxa de assimilação líquida de CO₂ (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (B), E – Taxa de transpiração (mmol H₂O m⁻² s⁻¹) (C) e eficiência de carboxilação = A/Ci (D) em cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, nas doses de 0, 720, 2160 g.e.a ha⁻¹ aos 40 DAA. 26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 METODOLOGIA.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÃO.....	29
6 REFERÊNCIA BIBLIGRÁFICA.....	30

1 INTRODUÇÃO REFERENCIADA

A soja destaca-se como uma das principais commodities cultivadas e comercializadas no mundo. A produção mundial é estimada em 315,05 milhões de toneladas. Destaca-se como maior produtor mundial os Estados Unidos com uma produção de 108, 01 milhões de toneladas, seguido pelo Brasil com 94,50 milhões de toneladas e pela Argentina com 56 milhões de toneladas (USDA, 2015). No Brasil, o estado que apresenta a maior produção é o Mato Grosso com 27,59 milhões de toneladas, seguido do estado do Paraná com 17,2 milhões de toneladas, na safra 2014/15 (CONAB, 2015).

No ano de 2003 foi realizada a legalização do plantio de organismos geneticamente modificados no Brasil, a partir de então ocorreu um aumento da adoção dessa tecnologia pelos agricultores. Segundo dados da Isaaa (2014) no ano de 2014 o cultivo mundial de plantas transgênicas foi de 170 milhões de hectares. O Brasil responde com 42,2 milhões de hectares plantados com transgênicos, ficando atrás somente dos Estados Unidos com 73,1 milhões de hectares plantados com transgênicos. As taxas de adoção das culturas transgênicas no Brasil são de 93% para a soja, 82% para o milho e 66% para o algodão (ISAAA, 2014)

A primeira liberação de transgênicos pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) foi da soja GTS-40-3-2 RR tolerância ao herbicida glyphosate no ano de 1998; O segundo foi a soja Cultivance (BRCV) tolerância a herbicidas do grupo químico das Imidazolinonas no ano de 2009; o terceiro a soja Liberty Link – LL (A-2704-12) tolerância ao herbicida Glufosinato de Amônio, o quarto evento de soja foi A 5547-127 tolerância ao herbicida Glufosinato de Amônio, o quinto evento liberado foi o BtRR2Y resistência a insetos e ao herbicida glyphosate, ambos liberados no ano de 2010 (CTNBIO, 2015).

A soja MON 87701 x MON 89788 (BtRR2Y) foi obtida a partir do melhoramento genético clássico, pelo cruzamento dos parentais de soja geneticamente modificadas do evento MON 87701 que possui o gene Cry1Ac oriundo de *Bacillus thuringiensis* que confere resistência a alguns insetos (*Anticarsia gemmatilis* e *Chrisodeixis includens*) e

do evento MON 89788 segunda geração de soja tolerante ao herbicida glyphosate que expressa o gene cp4 epsps (CTNBIO, 2015).

O herbicida glyphosate age inibindo a atividade da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que é catalisadora de reações de síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, essenciais ao desenvolvimento da planta (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004). O que acontece na soja tolerante ao glyphosate é que o gene cp4 epsps, foi extraído de uma bactéria natural do solo *Agrobacterium tumefaciens* que produz uma forma modificada da enzima EPSPs (5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase) que permite a planta de soja sobreviver a aplicação do glyphosate (BORÉM; SANTOS, 2002), ou seja, mantendo ativa a via biossintética de aminoácidos aromáticos. Porém, Reddy *et al.*, (2000) alerta que o glifosato pode ser absorvido e ser metabolizado pela planta podendo alterar o metabolismo secundário, uma vez que a enzima EPSPS endógena se mantém inalterada.

Assim o glyphosate é capaz de causar estresse, mesmo em plantas de soja RR, para as quais é seletivo, não desenvolvendo ação herbicida, mas podendo gerar efeito fitotóxico. Pesquisas demostram que o glyphosate pode interferir na altura de plantas, número de vagens, massa de cem sementes, produtividade e teor de proteínas (ALBRECHT *et al.*, 2011). Distintas formulações e doses aplicadas na soja no estágio R1 comprometem a altura de plantas, produtividade e aumentam linearmente a capacidade de gerar fitotoxicidade (ALBRECHT JUNIOR *et al.*, 2014).

Outras pesquisas demostram que com o uso de glyphosate podem ocorrer problemas no metabolismo secundário (LYDON; DUKE, 1989; ZOBIOLE *et al.*, 2010c), de fitoalexinas (KEEN; HOLLIDAY; YOSHIKAWA, 1982), na rizosfera (KREMER; MEANS; KIM, 2005), na fixação biológica do nitrogênio (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004; ZOBIOLE *et al.*, 2010a), na nutrição mineral (ZOBIOLE *et al.*, 2010a, 2010d, 2010e), no conteúdo de clorofilas (ZOBIOLE *et al.*, 2010c), na fotossíntese (ZOBIOLE *et al.*, 2010b, 2010c, 2010d), na absorção e uso da água (ZOBIOLE *et al.*, 2010b), na formação e acúmulo de biomassa (ZOBIOLE *et al.*, 2010b, 2010d), no conteúdo de aminoácidos e lignina (ZOBIOLE *et al.*, 2010c) e na produção de metabólitos com potencial de injúria (REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004).

Com essas pesquisas é possível inferir que realmente o glyphosate tem capacidade de gerar danos mesmo a soja RR. Segundo Zablotowicz; Reddy, (2004) esses danos podem variar de acordo com a localização, classe de solo, condições ambientais, utilização de altas doses (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007) e depende ainda das formulações de glyphosate utilizadas (REDDY; ZABLATOWICZ, 2003).

Sendo assim é fundamental o estudo dos efeitos do glyphosate nas novas tecnologias que são lançadas envolvendo a transgenia RR2, como é o caso da soja Intacta.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência da aplicação de glyphosate no desenvolvimento de cultivares de soja RR2 Intacta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito de doses de glyphosate na fitotoxicidade e no índice de clorofila em cultivares de soja RR2 Intacta;
- Avaliar o efeito de doses de glyphosate em parâmetros fotossintéticos das cultivares de soja RR2 Intacta.

3 METODOLOGIA

O experimento foi instalado em casa de vegetação da Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina (Palotina, PR), em temperatura de 25°C, umidade relativa do ar em 60% e irrigação de cinco mm dia⁻¹. Para compor as unidades amostrais ou repetições dos tratamentos, foram utilizados vasos com capacidade para seis dm³ de solo.

Foi realizada uma análise química e granulométrica do solo (0 a 20 cm) obtendo-se os seguintes resultados: pH (CaCl₂): 5,5; 5,39; 0,87; 0,51; 0,00 e 11,05 Cmol_c dm⁻³ de Ca, Mg, K, Al e CTC respectivamente, C: 13,65 g dm⁻³; MO 23,48 g dm⁻³; V%: 61,27 e P: 8,93 mg dm⁻³. Quanto aos micronutrientes: 19,59; 39,12; 10,01; 1,44 mg dm⁻³ respectivamente para Fe, Mn, Cu e Zn. Os teores de argila, silte e areia foram: 63,75; 17,50 e 18,75% respectivamente. Com esses valores foram realizadas as devidas correções no solo. A adubação do solo nos vasos foi baseada em expectativa de produtividade de 4500 kg ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, no esquema fatorial duplo 4X3, no qual quatro foram as cultivares de soja intacta utilizadas Monsoy 6410 IPRO (Cultivar 1); Monsoy 6210 IPRO (Cultivar 2); Nideira 5959 IPRO (Cultivar 3); Nideira 6909 IPRO (Cultivar 4); e três foram as doses 0, 720, 2160 g.e.a ha⁻¹. Todas as cultivares são de hábito de crescimento indeterminado e apresentam ciclo precoce (em função do grupo de maturação). A formulação de glyphosate utilizada em todos os tratamentos foi a de sal de potássio (297,75 g l⁻¹) + sal Isopropilamina (400,80 g l⁻¹) (Crucial®).

O solo foi coletado na profundidade de 0 a 20 cm, peneirado em malha de 5 mm e acondicionado nos vasos, para posterior semeadura. Foram semeadas 10 sementes por vaso que após a germinação e emergência foram desbastadas, permanecendo no vaso duas plantas viáveis e semelhantes entre si.

À aplicação dos tratamentos foi realizada no estágio fenológico de V4 da soja. Para a aplicação foi utilizado pulverizador costal propelido a CO₂, com pressão constante de 2 BAR (ou 29 PSI), uma vazão de 0,65 L min.⁻¹, equipado com barra contendo 6 bicos leque da série Teejet tipo XR 110.02, gerando um volume de calda de 200 l ha⁻¹. As

condições meteorológicas no momento da aplicação para temperatura de 24,3°C, umidade relativa do ar de 66% e velocidade do vento de 1,44 Km h⁻¹.

As variáveis analisadas foram fitotoxicidade (porcentagem) aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) e índice de clorofila (Índice de clorofila Falker) aos 0, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42 e 49 DAA. Para a avaliação de fitotoxicidade foi empregada a escala percentual de 0 a 100%, onde zero (0%) representa nenhuma fitointoxicação e 100% a fitointoxicação total das plantas (SBCPD, 1995). A variável índice de clorofila foi medida no terceiro trifólio totalmente expandido, contando-se do ápice para a base da planta.

Foram avaliados os parâmetros fotossintéticos das plantas aos 40 DAA, no período entre 8h00 e 11h00 com auxílio do medidor portátil de trocas gasosas *Infra-Red Gas Analyzer* (IRGA - Li-6400XT), no terceiro trifólio totalmente expandido e exposto à luz solar, foram determinadas: *A* – Taxa de assimilação líquida de CO₂ (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹); *E* – Taxa de transpiração (mmol H₂O m⁻² s⁻¹); *g_s* – Condutância estomática (mol m⁻² s⁻¹) e *C_i* -Concentração interna de CO₂. Foram ainda calculadas as relações: *EUA* (eficiência no uso da água) = *A/E* e a eficiência de carboxilação = *A/C_i*. Foi utilizada uma densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) de 1500 μmol m⁻² s⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância (p≤0,05), a partir daí foram realizados os desdobramentos necessários, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p≤0,05) e foi realizado a análise de regressão para o fator doses. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa Sisvar (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sintomas de fitotoxicidade de glyphosate foram observados aos 7, 14 e 21 DAA (Tabela 1 e 2) para todas as cultivares. Aos 28 DAA as cultivares apresentaram redução desta injúria, recuperando-se completamente. Aos 7 e 14 DAA a cultivar 2 apresentou a maior porcentagem de fitotoxicidade na dose de 2160 g e.a ha⁻¹ diferindo significativamente das demais cultivares (Tabela1). Os danos provocados pelo glyphosate persistiram até os 21 DAA, no qual os maiores valores foram encontrados nas cultivares 1 e 2. Destaque-se a cultivar 4 como sendo a que menos apresentou os sinais da aplicação do glyphosate em altas doses.

Tabela 1. Porcentagem de injúria visual de cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 7 e 14 DAA.

Cultivares	1	2	3	4	1	2	3	4
Doses (g e.a. ha ⁻¹)	7 DAA				14 DAA			
0	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
720	0,00 b	3,50 a	0,00 b	3,00 a	2,75 b	5,25 a	5,00 a	3,50 b
2160	18,00 b	38,25 a	16,75 c	12,00 d	36,25 b	43,75 a	21,75 c	15,50 d
Média	6,00	13,92	6,70	5,00	13,00	16,33	10,70	6,33
CV%	7,62				6,21			
DMS	1,16				1,38			

Letras minúsculas iguais na linha não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

Tabela 2. Porcentagem de injúria visual de cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 21 DAA.

Cultivares	1	2	3	4
Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	21 DAA			
0	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
720	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
2160	10,50 a	10,50 a	5,75 b	5,75 b
Média	3,50	3,50	2,30	1,92
CV%	11,35			
DMS	0,68			

Letras minúsculas iguais na linha não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

Os sintomas visuais causados pelo glyphosate na soja podem ser causadas devido à imobilização de cátions bivalentes, como Fe e Mn (BOTT et al., 2008; ZOBIOLE et al., 2010e), isto devido ao fato de o glyphosate ser um ácido fosfônico e quelante de cátions metálicos (KABACHNIK et al., 1974), assim poderia quelar cátions bivalentes e trivalentes. A duração desses sintomas pode estar relacionada com a capacidade da planta em absorver esses elementos imobilizados pelo glyphosate nos tecidos foliares, e então os níveis desses elementos no solo podem auxiliar nesse processo (CAKMAK et

al.,2009). Outra possível causa da presença de injúrias nas folhas é devido ao acúmulo do AMPA (ácido aminometilfosfônico) que é o primeiro metabólito fitotóxico do glyphosate (REDDY et al. 2004).

As doses apresentaram comportamento padrão linear positivo, ou seja, os sintomas visuais de fitotoxicidade aumentam linearmente com o aumento da dose. As regressões foram significativas até os 21 DAA (Figura 1 A, B e C), não encontrando sintomas visuais aos 28 DAA. A dose de 2160 g e.a ha⁻¹ causou sérias injúrias as cultivares de soja aos 7, 14 e 21 DAA, ocasionando fitotoxicidade de até 43,75% como as observadas no cultivar 2.

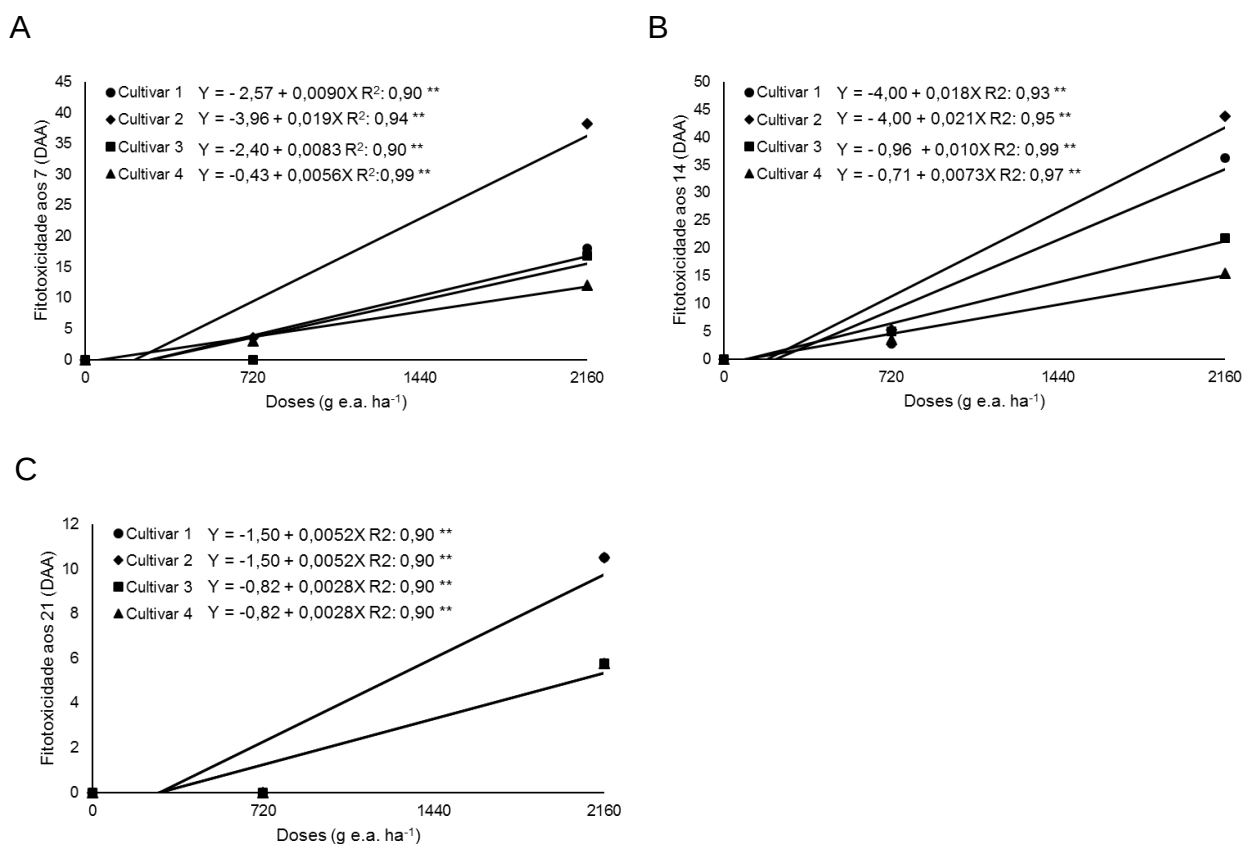


Figura 1. Regressão linear de fitotoxicidade em cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, nas doses de 0, 720, 2160 g.e.a ha⁻¹ aos 7 (A), 14 (B) e 21 (C) DAA. ** significativo a (p≤0,01).

Os sintomas de fitotoxicidade ou “yellow flashing” tendem a desaparecer com o passar do tempo (dias) após a aplicação, nesse estudo os sintomas desapareceram

antes dos 28 DAA. Reddy e Zablotowicz, (2003) observaram que são necessárias duas semanas para que esses danos visuais desapareçam, porém Zobiole et al., (2010f) verificou a presença desses danos até o estágio R1 na soja RR2. Em trabalho realizado por Albrecht et al., (2014) a aplicação de glyphosate aconteceu no estágio R1 da soja RR e essa aplicação mesmo em altas doses não apresentou sintomas visuais de fitotoxicidade. Com isso observa-se que os sintomas de fitotoxicidade podem variar de acordo com o local, o sal ou a formulação de glyphosate utilizado, com o emprego de altas doses, seja ela RR1 ou RR2 e entre as cultivares de soja.

As cultivares apresentaram semelhança no índice de clorofila aos 0, 3, 7, 14 e 21 DAA, independente da dose utilizada (Tabelas 3, 4 e 5). Aos 28 DAA na dose 0 g e.a. ha⁻¹ a cultivar 2 apresentou maior índice de clorofila diferindo significativamente do cultivar 3 (Tabela 5). Aos 35 DAA a cultivar 4 dentro da dose de 2160 g e.a. ha⁻¹ apresentou maior índice de clorofila que as demais cultivares, diferindo estatisticamente do cultivar 1 (Tabela 6). Na avaliação de clorofila aos 42 DAA foi possível encontrar na testemunha sem aplicação de glyphosate diferença significativa em que a cultivar 3 foi superior a cultivar 2 (Tabela 6). Para os 49 DAA não houve diferença estatística entre as cultivares estudadas (Tabela 7). Esses resultados demonstram que há pouca variação no índice de clorofila entre as cultivares e que no início do desenvolvimento esses índices são muito próximos. Observou-se que à medida com que a planta continua o seu desenvolvimento percebe-se que algumas cultivares ficam estáveis e outras ainda continuam a aumentar seus índices de clorofila.

Tabela 3. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 0 e 3 DAA.

Cultivares	1	2	3	4	1	2	3	4
Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	0 DAA ^{ns}				3 DAA ^{ns}			
0	30,02	27,02	29,78	30,62	29,62	31,01	32,87	36,71
720	29,86	28,04	28,09	31,46	23,72	30,27	30,20	30,81
2160	30,36	26,98	29,00	30,92	21,34	28,28	26,48	28,42
Média	30,08	27,34	28,96	31,00	24,89	29,25	29,25	31,99

CV%	11,23	16,74
DMS	8,04	8,31

Tabela 4. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 7 e 14 DAA.

Cultivares	1	2	3	4	1	2	3	4
Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	7 DAA ^{ns}				14 DAA ^{ns}			
0	37,11	31,01	32,87	36,71	36,56	30,55	33,80	33,50
720	27,12	30,27	30,20	30,81	34,68	34,00	31,00	32,85
2160	26,22	28,28	26,48	28,42	31,30	31,59	28,91	31,27
Média	30,15	29,25	29,25	31,99	34,18	32,04	30,72	32,54
CV%	12,83				13,14			
DMS	8,32				9,23			

Tabela 5. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 21 e 28 DAA.

Cultivares	1	2	3	4	1	2	3	4
Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	21 DAA ^{ns}				28 DAA			
0	31,17	30,55	33,80	33,50	40,28ab	41,52 a	35,27 b	37,32ab
720	30,99	34,00	31,00	32,85	39,72	38,26	38,15	40,11
2160	25,29	31,59	28,91	31,27	38,45	36,47	37,41	40,63
Média	29,15	32,04	30,72	32,54	39,48	38,75	37,28	39,35
CV%	12,61				7,02			
DMS	7,50				5,82			

Letras minúsculas iguais na linha não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

Tabela 6. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 35 e 42 DAA.

Cultivares	1	2	3	4	1	2	3	4
Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	35 DAA				42 DAA			
0	37,85ab	36,76b	41,11a	41,32a	39,76ab	36,77b	43,37a	41,87ab

720	37,45	37,87	40,87	39,26	40,97	39,92	43,32	42,22
2160	35,09b	36,46ab	36,41ab	38,75a	38,31	37,56	40,75	38,42
Média	36,79	37,03	39,18	39,71	39,68	38,09	42,30	40,84
CV%	4,82					6,13		
DMS	3,93					5,25		

Letras minúsculas iguais na linha não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

Tabela 7. Índice de clorofila dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, aos 49 DAA.

Cultivares	1	2	3	4
Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	49 DAA ^{ns}			
0	39,42	39,52	41,25	42,44
720	40,69	38,12	40,56	40,38
2160	40,21	37,96	41,32	41,89
Média	40,10	38,53	41,04	41,57
CV%	5,96			
DMS	6,82			

As doses influenciaram no índice de clorofila de uma maneira linear negativa dentro das cultivares, somente no dia 0 que representa o antes da aplicação não foram encontradas diferenças entre as doses. Aos 3 e 7 DAA (Figura 2AB) observou-se o comportamento linear negativo significativo para o índice de clorofila, exceto para a cultivar 2 que não se comportou de tal maneira, ou seja, para as cultivares 1, 3 e 4 com o aumento da dose de glyphosate os índices de clorofila diminuíram. Isso pode ser explicado pelo dano direto do glyphosate ao cloroplasto que faz com que diminua os seus índices (CAMPBELL et al., 1976; PIHAKASKI e PIHAKASKI, 1980; NILSSON, 1985). Outra possível explicação é denotada ao glyphosate ter potencial de causar efeitos detrimentais na síntese de ácido aminolevulínico (ALA), um precursor na biossíntese de clorofila, que parece ser dependente de ferro (KITCHEN et al., 1981; NILSSON, 1985; ZAIDI et al., 2005).

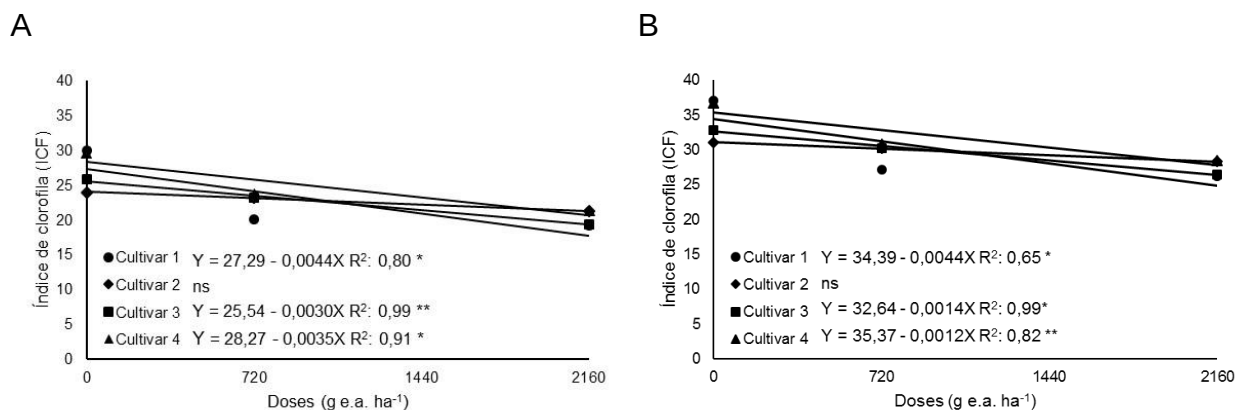


Figura 2. Regressão linear para o Índice de clorofila em cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, nas doses de 0, 720, 2160 g.e.a ha⁻¹ aos 3 (A) e 7 (B) DAA. ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo.

As cultivares mostraram-se diferentes no comportamento do índice de clorofila quando submetidas as doses de glyphosate, conforme o coeficiente angular a cultivar um foi a mais afeta tendo diminuição de 0,0044 no índice de clorofila a cada g.e.a. ha⁻¹ de glyphosate aplicado, seguido do cultivar 3 e 4 que diminuiram seu índice de clorofila em 0,0030 e 0,0035 respectivamente a cada g.e.a. ha⁻¹ de glyphosate aplicado. Esses resultados demonstram que pode haver diferença de sensibilidade entre as cultivares sendo algumas mais sensíveis como as cultivares 1, 3 e 4 e outras mais tolerantes como no caso do cultivar 2, que não teve seu índice de clorofila alterado (Figura 2 A, B).

A partir dos 14 DAA, observou-se comportamento diferenciado de cada cultivar em relação a diminuição dos índices de clorofila em relação as doses de glyphosate aplicado (Figura 3 A, B, C, D e E). A cultivar 1 apresentou uma diminuição no índice de clorofila na ordem de 0,0026, 0,0013 e 0,0030, a cada g.e.a. ha⁻¹ de glyphosate aplicado, respectivamente aos 14, 21 e 35 DAA (Figura 3 A, B e D), destacando que está foi uma das cultivares mais afetadas pelas doses de glyphosate em relação a diminuição dos índices de clorofila. Para a cultivar 2 que foi a menos prejudicada pelas doses de glyphosate pois não foi diminuído o seu índice de clorofila aos 3 e aos 7 DAA (Figura 2 A, B), somente observou-se uma regressão de diminuição do índice de clorofila aos 28

DAA, no qual a cada g.e.a. ha⁻¹ de glyphosate aplicado foi diminuído 0,0021 do seu índice de clorofila (Figura 3 D). Para a cultivar 3 a cada g.e.a. ha⁻¹ de glyphosate aplicado foi diminuído 0,0024 do seu índice de clorofila aos 21 DAA (Figura 3 B) e para a cultivar 4 o índice de clorofila diminuiu 0,0024 a cada g.e.a. ha⁻¹ de glyphosate aplicado aos 14 DAA (Figura 3 A).

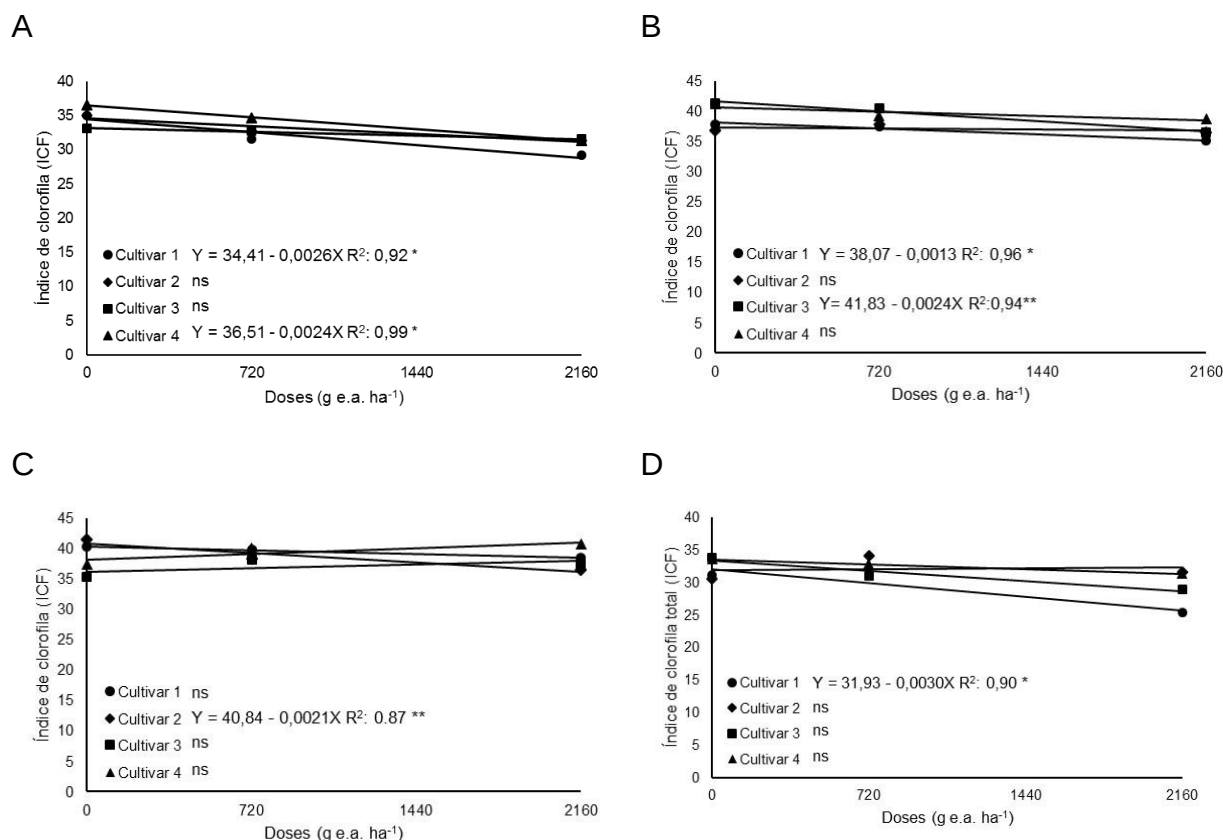


Figura 3. Regressão linear para o Índice de clorofila em cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, nas doses de 0, 720, 2160 g.e.a ha⁻¹ aos 14 (A), 21 (B), 28 (C) e 35 (D) DAA. ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo.

As cultivares não foram influenciadas pelas doses aos 42 e 49 DAA, demonstrando assim um potencial de recuperação, voltando a índices idênticos as plantas não aplicadas com glyphosate. Esse potencial de recuperação pode estar associado ao

desaparecimento das injúrias (fitotoxicidade) causadas pelas altas doses do glyphosate, que nesse trabalho desapareceram após os 21 DAA.

O glyphosate age como potencial quelante de cátions metálicos como o Fe, Mn e Mg (KABACHNIK et al., 1974), podendo ocasionar danos nas plantas de soja RR. Para que ocorra biossíntese de clorofila são necessárias duas enzimas a catalase e a peroxidase que são muito sensíveis a deficiência de Fe, que nessa condição diminui a produção da clorofila (MARSCHNER, 1995), também é necessário para a formação da clorofila o nutriente Mg (BEALE, 1978; TAIZ e ZEIGER, 2013). Em trabalho realizado por Zobiole et al. (2010e) houve redução de macro e micronutrientes em soja RR em comparação a sua isolinha não RR. Com isso a duração de injúrias e consequentemente inibição da síntese de clorofila provocadas pelo glyphosate depende da capacidade da planta em absorver esses elementos do solo e então restaurar os níveis desse elemento na planta, voltando ao estado de crescimento e formação da clorofila normal (CAKMAK et al., 2009).

A duração dos danos provocadas pelo glyphosate está associado também a presença de altos níveis de AMPA dentro da planta (ZABLOTOWICZ e REDDY, 2007). Este é um dos principais metabolitos tóxicos do glyphosate para a soja RR pois causa a redução dos valores de clorofila e fotossíntese (REDDY et al., 2004). Zobiole et al (2010e) avaliaram cultivares de soja RR e encontraram que cultivares precoces apresentavam maiores injúrias quando comparadas a cultivares de ciclo mais tardio, isso foi atribuído ao fato de que ocorreu um período menor de desintoxicação do glyphosate ou de seus metabólitos entre eles o AMPA (DUKE et al., 2003; REDDY et al., 2004) o qual pode aumentar o efeito quelante do glyphosate (COUTINHO e MAZO, 2005; EKER et al., 2006).

Neste estudo pode-se observar que plantas sob a aplicação de glyphosate podem se recuperar dos seus danos visuais e até mesmo no seu índice de clorofila, pois os sintomas visuais de injúrias desapareceram logo após os 21 DAA e os níveis do índice de clorofila se estabilizaram a partir dos 35 DAA.

As cultivares utilizadas nesse trabalho não diferiram nos parâmetros E – Taxa de transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); g_s – Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), C_i - Concentração interna de CO_2 e EUA (eficiência no uso da água) = A/E , porem diferiram

entre si na taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) e na eficiência de carboxilação (A/Ci) (Tabela 8). Para A observou-se diferença nas médias gerais das cultivares, no qual a cultivar 4 apresentou a maior média, diferindo do cultivar 2, assim quando submetidas a aplicação de glyphosate a cultivar 4 apresenta maior taxa de fotossíntese do que a cultivar 2, essa diferença pode afetar outros componentes da fotossíntese. Outra diferença significativa encontrada na dose de 2160 g.e.a. ha^{-1} , no qual a cultivar 4 apresentou maior eficiência de carboxilação quando comparada a cultivar 1, quando observamos o índice de clorofila (Figura 3D) a cultivar 1 mesmo aos 35 DAA ainda apresentava diminuição do índice de clorofila, o que para a cultivar 4 deixou de acontecer aos 14 DAA (Figura 3A), isto pode estar relacionada agora a relação A/Ci, que foi realizada aos 40 DAA.

Tabela 8. A – Taxa de assimilação líquida de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e Eficiência de carboxilação (A/Ci) dos cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação de doses da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, em estágio R4 aos 40 DAA.

A – Taxa de assimilação líquida de CO ₂ (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)					Eficiência de carboxilação (A/Ci)			
Cultivares								
Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	1	2	3	4	1	2	3	4
0	16,80a	14,89a	17,06a	18,27a	0,070a	0,054a	0,070a	0,068a
720	16,95a	15,87a	19,07a	17,92a	0,067a	0,065a	0,080a	0,075a
2160	18,42a	18,28a	20,18a	23,08a	0,076 b	0,077ab	0,083ab	0,097 a
Média	17,40ab	16,35 b	18,77ab	19,76 a	0,071	0,065	0,077	0,080
CV%	15,12				15,30			
DMS	5.21				0.021			

Letras minúsculas iguais na linha não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$).

As doses não interferiram nos parâmetros fotossintéticos g_s – Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e EUA (eficiência no uso da água) = A/E , porém para as cultivares 2 e 4 as doses diminuíram a C_i (Concentração interna de CO_2) (Figura 4A), na ordem de 0,015 e 0,014 a cada g.e.a. ha^{-1} de glyphosate, respectivamente para cada cultivar.

Aumentaram a A – Taxa de assimilação líquida de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 4B) em 0,0015 e 0,0024 a cada g.e.a. ha^{-1} de glyphosate aplicado, para as cultivares 2 e 4. A média de E – Taxa de transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 4C) foi aumentada em 0,00026 a cada g.e.a. ha^{-1} . E ainda a eficiência de carboxilação = A/C_i (Figura 4D), aumentou em 0,000010 e 0,000014 a cada g.e.a. ha^{-1} de glyphosate aplicado para as cultivares 2 e 4 respectivamente.

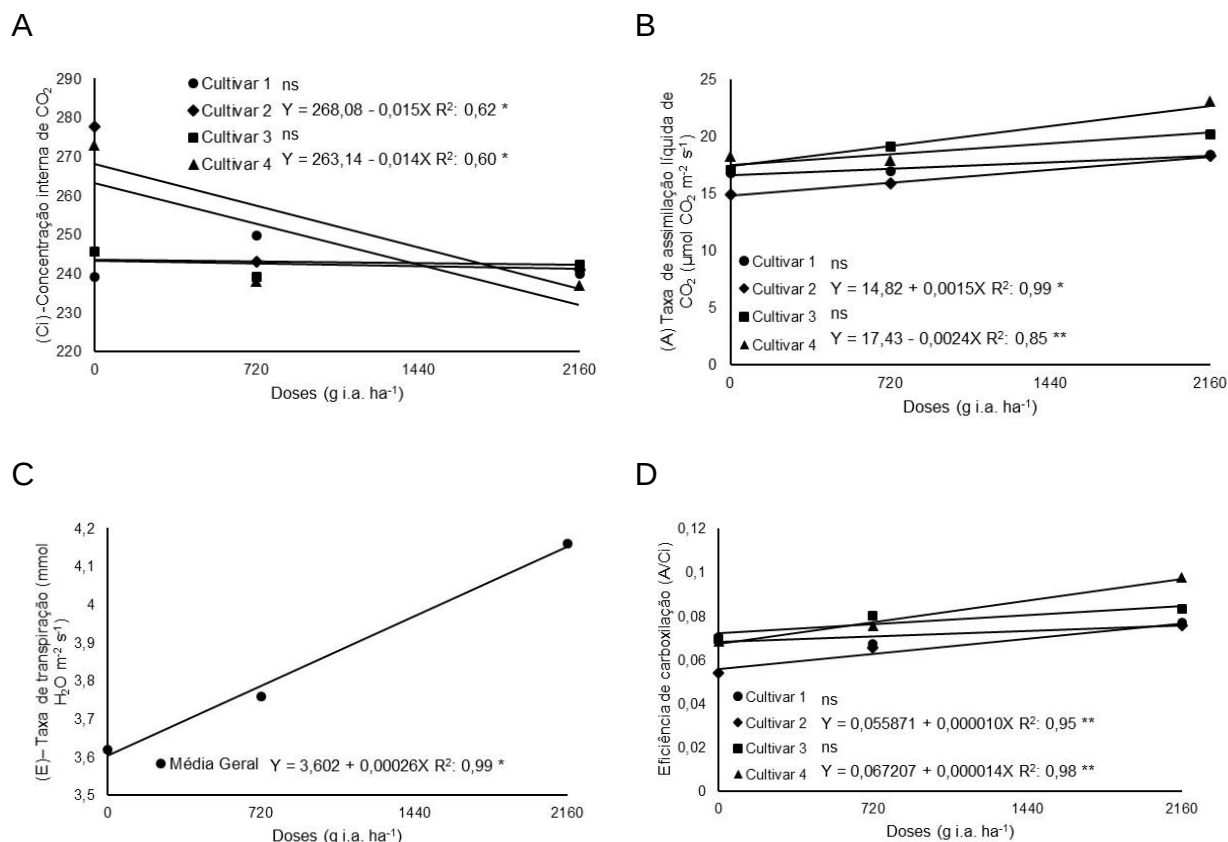


Figura 4. Regressão linear para C_i -Concentração interna de CO_2 (A), A – Taxa de assimilação líquida de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (B), E – Taxa de transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (C) e eficiência de carboxilação = A/C_i (D) em cultivares de soja Monsoy 6410 IPRO (1), Monsoy 6210 IPRO (2), Nideira 5959 IPRO (3), Nideira 6909 IPRO (4), sob aplicação da formulação de glyphosate sal de isopropilamina + sal de potássio, nas doses de 0, 720, 2160 g.e.a ha^{-1} aos 40 DAA. ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo.

Em trabalho realizado por Zobiole et al., (2010 b), este observou que os parâmetros fotossintéticos foram influenciados negativamente pelas doses crescentes de glyphosate até os 34 DAA, tanto em aplicação única como na sequencial. Nesse estudo os parâmetros fotossintéticos mostram-se melhores com o aumento da dose, esse pode ser um aspecto de desintoxicação do glyphosate ou de seus metabólitos, entre eles o AMPA (DUKE et al., 2003; REDDY et al., 2004), pois a avaliação fotossintética foi realizada aos 40 DAA, onde já haviam cessado as injúrias visuais e os índices de clorofila já estavam normais.

Como a concentração interna de CO_2 diminuiu conforme o aumento das doses (Figura 4A) e a taxa de assimilação líquida de CO_2 aumentou (Figura 4B) para as cultivares 2 e 4, a eficiência de carboxilação também aumentou para ambas as cultivares (Figura 4D). Especialmente a cultivar 2 que foi uma das que mais sofreu com as injúrias provocadas pelas altas doses do glyphosate (Tabela 1).

A taxa de transpiração apresentou diferença somente na média geral das doses com o aumento das doses (Figura 4C). Segundo Vidal (1997) a diminuição desse fator reforça a ideia do estresse promovido pela ação do glyphosate, causando desbalanço metabólico, devido a inibição da síntese dos aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina e triptofano, assim reafirmando que a planta está em processo de desintoxificação. Ainda segundo o mesmo autor, a maior transpiração é benéfica pois tem relação com a taxa fotossintética, o que é identificado neste trabalho (Figura 4B e D).

As espécies reativas do metabolismo do oxigênio são produzidas por estresses xenobióticos, principalmente por herbicidas utilizados nas culturas (CARVALHO, 2003; SUNOHARA et al., 2003; SUNOHARA & MATSUMOTO, 2004; COUÉE et al., 2006). Mas as plantas apresentam sistemas de defesa contra os estresses xenobióticos (MANNERVIK & DANIELSON, 1988), o que lhes permitem adaptar-se para diminuir os danos que podem ocorrer pela ação das espécies reativas do metabolismo do oxigênio (RADETSKI et al., 2000).

Os mecanismos de defesa que já comprovaram sua eficiência na desintoxicação de herbicidas como lactofen em soja (REMAEH, 2004), oxyfluorfen em células de soja (KNÖRZER et al., 1996) e plantas de trigo (CATANEO et al., 2002), glyphosate (CATANEO et al., 2003) e atrazine (NEMAT ALLA & HASSAN, 2006) em plantas de

milho. Ainda na soja a enzima homoglutationa diminui os danos dos herbicidas chlorimuron-ethyl, (BROWN e NEIGHBORS, 1987) e fomesafen (ANDREWS et al., 1997) e Atrazine (NEMAT ALLA & HASSAN, 2006) em plantas de milho. Isto nos leva a entender que alguma enzima de defesa de estresse está envolvida na desintoxicação do glyphosate na soja. Outro aspecto da recuperação da soja é que a mesma pode absorver os elementos quelados pelo glyphosate e assim voltar ao estado normal de crescimento (CAKMAK et al., 2009).

Diante dos resultados encontrados podemos ressaltar que o uso de altas doses (2160 g.e.a ha⁻¹) de glyphosate pode ocasionar perdas que podem ser atribuídas aos danos fisiológicos e gasto energético das plantas no processo de recuperação. Esses resultados estimulam novas pesquisas no sentido de descobrir a real maneira com que a plantas de soja RR2 tem a capacidade de se recuperar e em produtos que possibilitem uma rápida reversão dessas injúrias, assim elucidando e fornecendo suporte nesses aspectos. Os agricultores também ganham com essas informações, uma vez que o emprego de altas doses de glyphosate na aplicação em soja RR e RR2 intacta são realidades observadas a campo, portanto os mesmos devem ter a percepção de que essas altas doses podem resultar muitas vezes em perdas.

5 CONCLUSÃO

Os resultados mostram que o glyphosate interfere nas cultivares de soja RR2 Intecta de maneira diferente, sendo algumas mais sensíveis e outras mais tolerantes. Quanto a fitotoxicidade e índice de clorofila, ambos tiveram comportamento semelhante pois apresentaram resposta negativa em função das doses. Entretanto com o desenvolvimento da soja, essas respostas desapareceram ou foram menos expressivas. Em relação aos parâmetros fotossintéticos, as doses de glyphosate chegaram a aumentar alguns caracteres como A, E e A/Ci provavelmente pelo fato da planta se recuperar conforme o tempo, em termos fisiológicos.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALBRECHT A.J.P.; ALBRECHT L.P.; KRENCHINSKI F.H.; PLACIDO H.F.; LORENZETTI J.B.; VICTORIA FILHO R.; BARROSO A.A.M. Behavior of RR soybeans subjected to different formulations and rates of glyphosate in the reproductive period. **Planta daninha**, v.32, n.4, p. 851-859, 2014.

ALBRECHT, L.P.; BARBOSA, A.P.; SILVA, A.F.M.; MENDES, M.A.; MARASCHI-SILVA, L.M.; ALBRECHT, A.J.P. Desempenho da soja Roundup Ready sob aplicação de glyphosate em diferentes estádios. **Planta Daninha**, v. 29, n. 3, p. 558-590, 2011.

ANDREWS, C.J., SKIPSEY, M., TOWNSON, J.K., MORRIS, C., JEPSON, I., EDWARDS, R. Glutathione transferase activities toward herbicides used selectively in soybean. **Pesticide Science**, v.51, p.213-22, 1997.

BEALE, S.I. δ -Aminolevulinic acid in plants: its biosynthesis, regulation and role in plastid development. **Annual Review of Plant Physiology**, v.29, p.95-120, 1978.

BORÉM, A.; SANTOS, F. R. **Biotecnologia simplificada**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica, 2002. 302 p.

BOTT, S., TESFAMARIAM, T., CANDAN, H., CAKMAK, I., RÖMHELD, V., NEUMANN, G. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Plant and Soil**, v. 312, n. 1,2, p. 185-194, 2008.

BROWN, H.M., NEIGHBORS, S.M. Soybean metabolism of chlorimuron ethyl: physiological basis for soybean selectivity. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.29, p.112-20, 1987.

CAKMAK, I., YAZICI, A., TUTUS, Y., OZTURK, L. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium and iron in non-glyphosate resistant soybean. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 114-119, 2009.

CAMPBELL, W.F.; EVANS, J.O.; REED, S.C. Effect of glyphosate on chloroplast ultrastructure of quackgrass mesophyll cells. **Weed Science**, v.24, p.22-25, 1976.

CARVALHO, J.C. Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Ed). **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Londrina: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2003. p.22-44.

CATANEO, A.C., CHAMMA, K.L., FERREIRA, L.C., DÉSTRO, G.F.G., CARVALHO, J.C., NOVELLI, E.L.B. Glutathione S-transferase activity in acetochlor, atrazine and oxyfluorfen

metabolization in maize (*Zea mays* L.), sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) (Poaceae). **Acta Scientiarum**, v.24, p.619-23, 2002.

CATANEO, A.C., DÉSTRO, G.F.G., FERREIRA, L.C., CHAMMA, K.L., SOUSA, D.C.F. Atividade de glutathione S-transferase na degradação do herbicida glyphosate em plantas de milho (*Zea mays*). **Planta Daninha**, v.21, p.307-12, 2003.

CLIVE, J. 2014. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. ISAAA Brief n. 49. **ISAAA**: Ithaca, NY.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA (CTNBio). **Aprovações comerciais de soja**. Disponível em <http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/14782.html>. Acessado em 27 mar. 2015.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. V.2 – Safra 2014/15, n.6 – Sexto Levantamento. Mar. 2015.

COUÉE, I., SULMON, C., GOUESBET, G., EL AMRANI, A. Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.57, p.449-59, 2006.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Metallic complex with glyphosate: a review. **Química Nova**, v. 28, p. 1038-1045, 2005.

DUKE, S.O.; RIMANDO, A.M.; PACE, P.F.; REDDY, K.N.; SMEDA, R.J. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.51, p.340-344, 2003.

EKER, S., OZTURK, L., YAZICI, A., ERENOGLU, B., ROMHELD, V., & CAKMAK, I. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.54, p. 10019-10025, 2006.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

KABACHNIK, M. I., MEDVED, T. Y., DYATLOVA, N. M., & RUDOMINO, M. V. E. Organophosphorus complexones. **Russian Chemical Reviews**, v. 43, p. 733-744, 1974.

KEEN, N. T.; HOLLIDAY, M. J.; YOSHIKAWA, M. Effects of glyphosate on glyceollin production and the expression of resistance to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in soybean. **Phytopathology**, v.72, n. 11, p. 1467-1470, 1982.

KITCHEN, L. M.; WITT, W. W.; RIECK, C. E. Inhibition of chlorophyll accumulation by glyphosate. **Weed Science**, v. 29, p. 513-516, 1981.

KNÖRZER, O.C., DURNER, J., BÖGER, P. Alterations in the antioxidative system of suspension-cultured soybean cells (*Glycine max*) induced by oxidative stress. **Physiologia Plantarum**, v.97, p.388-96, 1996.

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

LYDON, J.; DUKE, S.O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. **Pesticide Science**, v. 25, p. 361-373, 1989.

MANNERVIK, B.; DANIELSON, U. H. Glutathione transferases: structure and catalytic activity. **CRC critical reviews in biochemistry**. v. 23, p. 283-337, 1988.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. p. 315.

NEMAT ALLA, M.M., HASSAN, N.M. Changes of antioxidants levels in two maize lines following atrazine treatments. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.44, p.202-10, 2006.

NILSSON, G. Interactions between glyphosate and metals essential for plant growth. *In* E. Grossbard, E.; Atkinson, D. (eds). **The herbicide glyphosate**. London: Butterworth, 1985. p.35-47.

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

RADETSKI, C.M., COTELLE, S., FÉRARD, J.F. Classical and biochemical endpoints in the evaluation of phytotoxic effects caused by the herbicide trichloroacetate. **Environmental and Experimental Botany**, v. 44, p.221-9, 2000.

REDDY, K. N.; RIMANDO, A. M.; DUKE, S. O. Aminomethyl phosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 16, p. 5139-5143, 2000.

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

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

REMAEH, L.M.R. **Estresse oxidativo induzido pelo herbicida lactofen em plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill): resposta de enzimas antioxidantes**. Botucatu, 2004. 87f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. **SBCPD**, 1995. 42p.

SUNOHARA, Y., KOBAYASHI, M., MATSUMOTO, H. Light induction of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase activity in quinclorac-treated maize seedlings. **Journal of Pesticide Science**, v.28, p.18-23, 2003.

SUNOHARA, Y., MATSUMOTO, H. Oxidative injury induced by the herbicide quinclorac on *Echinochloa oryzicola* Vasing and the involvement of antioxidative ability in its highly selective action in grass species. **Plant Science**, v.167, p.597-606, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Mineral Nutrition. In: **Plant Physiology**, Sinauer Associates: Sunderland, p. 111-144. 2013.

USDA – United States Department of Agriculture. PSD: production, supply and distribution online. **Soybeans: World Supply and Distribution**. Washington, D.C. 2015. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline>>. Acesso em: 27 mar. 2015.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: Palote, 1997. p. 39-44.

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

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

ZAIDI, ALMAS; KHAN, MD SAGHIR; RIZVI, PERVEZ QAMAR. Effect of herbicides on growth, nodulation and nitrogen content of greengram. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 25, n. 4, p. 497-504, 2005.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; CONSTANTIN, J.; YAMADA, T.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JR, A. Effect of glyphosate on symbiotic N₂ fixation and nickel concentration in glyphosate-resistant soybeans. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p. 176-180, 2010a.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; CONSTANTIN, J.; BONATO, C.M.; MUNIZ, A.S. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 97, n. 3, p. 182-193, 2010b.

ZOBIOLE, L.H.S.; BONINI, E.A.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; FERRARESE-FILHO, O. Glyphosate affects lignin content and amino acid production in glyphosate-resistant soybean. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 32, n. 5, p. 831-837, 2010c.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; MUNIZ, A.S.; OLIVEIRA JR, A. Nutrient accumulation and photosynthesis in glyphosate-resistant soybeans is reduced under glyphosate use. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 12, p. 1860-1873, 2010d.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JR, A. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, v. 328, p. 57-69, 2010e.

ZOBIOLE, L. H. S., KREMER, R. J., DE OLIVEIRA JR, R. S., & CONSTANTIN, J. Glyphosate affects photosynthesis in first and second generation of glyphosate-resistant soybeans. **Plant and soil**, v. 336, n. 1-2, p. 251-265, 2010f.