**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Comportamento da soja RR em distintos ambientes de produção,
submetida a diferentes manejos, formulações e doses de
glyphosate**

Alfredo Junior Paiola Albrecht

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2014**

Alfredo Junior Paiola Albrecht
Engenheiro Agrônomo

Comportamento da soja RR em distintos ambientes de produção, submetida a diferentes manejos, formulações e doses de glyphosate

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO VICTORIA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Albrecht, Alfredo Junior Paiola

Comportamento da soja RR em distintos ambientes de produção, submetida a diferentes manejos, formulações e doses de glyphosate / Alfredo Junior Paiola Albrecht . - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.

105 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.
Bibliografia.

1. *Glycine max* 2. Herbicidas 3. Transgênicos 4. Seletividade 5. Fitotoxicidade
I. Título

CDD 633.34
A341c

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista, que pretendo em breve estar alcançando, primeiramente a Deus, em seguida ao meu irmão e amigo Leandro, que sempre me motivou a estudar e abriu caminho para que eu me dedicasse à vida acadêmica. Se não fosse por ele, sinceramente não sei se chegaria aonde cheguei. Ele sempre me apoiou em todos os sentidos, nunca mediu esforços para me ajudar nos momentos difíceis de minha vida. Sendo um cristão, sempre correto e de bem com a vida, e também um excelente profissional, desta forma é um verdadeiro exemplo de vida para mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela benção da vida, e não só por viver mais por desfrutar de cada momento desses meus 26 anos. Pela motivação e empenho no estudo e no trabalho, e por estar sempre ao meu lado me ajudando a superar as barreiras da vida.

Agradeço a minha família pelo amor e compreensão, em todas as fases da minha vida. Por confiarem em mim e me apoiarem. Ao meu pai Alfredo, pelo exemplo magnífico de vida, pelos princípios e disciplina passada a mim, principalmente pelo grande ensinamento de que sempre se tem que trabalhar e se esforçar ao máximo para alcançar seus objetivos, nunca esperar nada sem suor e dedicação, e sempre fugir da ociosidade. A minha mãe Geni, por ter me criado com todo o amor de uma mãe preocupada. A minha irmãzinha Beatriz, pela alegria que transmite a nossa família. Sem dúvida ao meu querido irmão Leandro, que sempre me ajudou e apoiou muito em tudo, sempre tentando fazer de mim uma pessoa melhor.

Agradeço a minha namorada e grande amiga Rafaela, pelo amor, compreensão, motivação, e esperança depositada em mim. Pela sua dedicação em me ajudar e animar, mesmo nas situações mais difíceis e complicadas.

Agradeço aos Professores que me auxiliaram e orientaram durante a graduação, possibilitando meu ingresso no mestrado. E agradeço aos Professores desta instituição, em especial ao meu grande orientador, Prof. Titular - Ricardo Victória Filho, que sempre se esforçou para transmitir seus conhecimentos e experiência, e sempre valorizou e depositou confiança em meu trabalho, sendo além de um excelente orientador um grande amigo.

Agradeço a esta instituição de ensino e a seus colaboradores, principalmente à Helena Maria C. P. Chamma, pela ajuda nos testes com sementes, à secretária Luciane Ap. Lopes Toledo, pelo auxílio e dedicação, e aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal: Aparecido D. Serrano, Luiz Ferrari, Aparecido Mendes e Clayton Coratito.

Agradeço também de forma especial aos amigos (as) estagiários (as) Melissa Magalhães Freitas, André Felipe Moreira Silva, André Prechlak Barbosa, Danilo Morilha Rodrigues, Henrique Fabricio Placido, Katle Samaya Wobeto, Vinicius Gabriel Caneppele Pereira, Juliano Bortoluzzi Lorenzetti, Victor José Salomão Cesco, Henrique Lovatel Villetti, e principalmente ao grande Fábio Henrique Krenchinski, que auxiliaram significativamente em todas as fases dos experimentos conduzidos durante este período.

Agradeço aos meus amigos de infância, Eduardo e Jhonatan, amigos da graduação Deivid, Alexandre, João e Denis, com os quais mantenho contato, por serem acima de tudo grandes amigos. Também agradeço aos meus amigos da pós-graduação, Silas, Cristiano, Arthur e Fabrícia, e aos amigos que fazem parte do grupo PRO-HORT, pelo apoio, companheirismo e convivência. E ainda a todos os outros colegas que estão fazendo parte desta minha conquista a ser alcançada.

Agradeço grandemente a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa e auxílios financeiros que possibilitaram a condução adequada deste trabalho.

"O SENHOR é quem te guarda;

o SENHOR é a tua sombra á tua direita.

De dia não te molestará o sol,

nem de noite, a lua.

O SENHOR te guardará de todo mal;

guardará a tua alma.

O SENHOR guardará a tua saída e

a tua entrada, desde agora

e para sempre".

Livro de Salmos, Velho Testamento, cap. 121, ver. 5 - 8, Bíblia Sagrada.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Importância da soja	17
2.2 Manejo de plantas daninhas na cultura da soja	18
2.3 O herbicida glyphosate	19
2.4 A soja RR.....	22
2.5 Efeitos da aplicação de glyphosate na soja RR.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 Condução dos experimentos	29
3.1.1 Descrição dos experimentos realizados	29
3.1.2 Características das áreas experimentais	31
3.1.3 Instalação e manejo dos experimentos	36
3.2 Avaliações realizadas	38
3.3 Análise estatística dos dados	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1 Experimentos principais (I e II)	42
4.1.1 Experimento I safra 2011/2012.....	42
4.1.2 Experimento I safra 2012/2013.....	50
4.1.3 Experimento II safra 2011/2012.....	56
4.1.4 Experimento II safra 2012/2013.....	62
4.2 Experimentos complementares	75
4.2.1 Experimento III safra 2011/2012.....	75
4.2.2 Experimento IV safra 2012/2013	79
4.2.3 Experimento V safra 2011/2012	82
4.2.4 Experimento V safra 2012/2013	85
4.3 Discussão geral sobre os experimentos principais e complementares.....	90
5 CONCLUSÕES	95
REFERÊNCIAS.....	97

RESUMO

Comportamento da soja RR em distintos ambientes de produção, submetida a diferentes manejos, formulações e doses de glyphosate

Os benefícios advindos da tecnologia Roundup Ready são expressivos, e a aceitação desta tecnologia pelos produtores rurais é inegável, dando suporte para o rápido crescimento das áreas da soja RR. Mas ao mesmo tempo resultados de pesquisas recentes indicam que o glyphosate aplicado em pós-emergência, em soja RR, pode em algumas situações, além de gerar efeitos fitotóxicos, influenciar o balanço nutricional, afetar a fotossíntese, a rizosfera, o acúmulo de biomassa, a síntese de aminoácidos e compostos secundários, a eficiência no uso da água, e ainda a qualidade das sementes produzidas. Porém, persistem muitas especulações e dúvidas que precisam ser melhores elucidadas, no âmbito científico e técnico, envolvendo a questão da soja transgênica (RR). Em virtude deste fato faz-se necessária a busca de informações que permitam diagnosticar as reais consequências do uso do glyphosate. Deste modo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o impacto da aplicação de diferentes doses, manejos e formulações de glyphosate, na soja RR, em distintos ambientes de produção. Para isso foram conduzidos dois experimentos principais, em duas safras, em diferentes locais, e alguns experimentos complementares. Foi utilizado, na maioria dos experimentos, arranjo fatorial 2X2X5 (formulações X manejos X doses), totalizando 20 tratamentos. Nestes ensaios foram avaliadas diversas variáveis relacionadas ao desempenho agrônomo. Os resultados alcançados permitiram caracterizar alguns problemas referentes ao uso de glyphosate em pós-emergência, na cultura da soja RR, identificando que altas doses são nocivas ao desempenho das plantas e produtividade. A partir dos resultados obtidos, espera-se fomentar um posicionamento mais seguro e sustentável desta tecnologia, possibilitando a diminuição de possíveis efeitos deletérios do glyphosate sobre a cultura da soja RR.

Palavras-chave: *Glycine max*; Herbicidas; Transgênicos; Seletividade; Fitotoxicidade

ABSTRACT

Behavior of RR soybeans in different production environments, subjected to different managements, formulations and rates of glyphosate

The benefits of the Roundup Ready technology are expressive and the acceptance of this technology by farmers is undeniable, giving support to the rapid growth of RR soybean crops. Recent studies indicate, however, that glyphosate applied in post-emergence in RR soybean can eventually cause phytotoxic effects, as well as influence the plant nutritional balance, affecting photosynthesis, the rhizosphere, biomass accumulation, amino acid synthesis and secondary compounds, water use efficiency, and the quality of seeds produced. Therefore, there are many speculations and questions that need to be clarified in the scientific and technical context, involving the issue of RR soybeans regarding the use of glyphosate. Thus, it is necessary the search for information allowing to diagnose the real consequences of its use. This study evaluated the impact of the application of different doses, management procedures and formulations of glyphosate, in RR soybean, in different production environments. For that purposes, were conducted two major experiments, in different harvests, in different locations, and some additional experiments. Were used a factorial design 2X2X5 (formulations X management X doses) totaling 20 treatments. Were evaluated several variables related to the agronomic performance. The results allowed to characterize some problems regarding the glyphosate use in post-emergence in RR soybeans, identifying that high doses are harmful to the plant performance and productivity. The results allow a better understanding and a more secure positioning of this technology, enabling the reduction of possible deleterious effects of glyphosate on RR soybeans.

Keywords: *Glycine max*; Herbicides; Transgenic crops; Selectivity; Phytotoxicity

1 INTRODUÇÃO

É essencial aumentar a produção e a distribuição de gêneros alimentícios para alimentar uma população mundial crescente, e ao mesmo tempo devemos reduzir os impactos ambientais na agricultura e buscar a sustentabilidade dentro do sistema produtivo. Para isso ser alcançado, é necessária a utilização responsável e adequada das descobertas científicas, e de novas tecnologias disponíveis, como as culturas transgênicas tolerantes a herbicidas.

A cultura da soja, em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, constitui-se em uma das principais espécies cultivadas, juntamente com o milho, arroz e o trigo. Essa leguminosa é fonte proteica para a alimentação humana e animal, além de ser uma das principais oleaginosas, mostrando-se uma “commodity” bastante expressiva para o mercado.

Paralelamente ao crescimento alcançado nos últimos anos, com relação às áreas ocupadas pelas lavouras de soja no Brasil, que na safra 2012/2013 atingiram 27,65 milhões de hectares, ocorreu um elevado incremento das lavouras cultivadas com soja transgênica, tolerante ao herbicida glyphosate, chegando-se a cerca de 90% da área cultivada.

Este fato pode ser atribuído aos expressivos benefícios advindos da tecnologia Roundup Ready (RR), que resultou no rápido crescimento da área de soja transgênica no Brasil e no Mundo. Mas mesmo sendo inegável a aceitação e êxito desta tecnologia, que trouxe e continua a trazer muitas facilidades aos agricultores, há informações na literatura que indicam efeitos indesejáveis a cultura pela aplicação de glyphosate.

Devido à grande importância da soja, no cenário nacional e mundial, são observadas pesquisas dirigidas à obtenção de informações com relação aos efeitos causados pela utilização do herbicida glyphosate, aplicado sobre a cultura. Neste contexto, vários trabalhos indicam cautela no uso de glyphosate na soja RR, e muito se especula sobre os seus efeitos, porém persistem dúvidas que precisam ser elucidadas no âmbito científico e técnico.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os possíveis efeitos da aplicação de diferentes manejos, formulações e doses de glyphosate, sobre o comportamento da soja RR no campo, em distintos ambientes de produção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da soja

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma leguminosa cultivada pelos chineses há cerca de cinco mil anos e que foi introduzida no Brasil no final do século XIX, tendo apresentado expressão significativa a partir do final da década de 40, do século passado (MARCOS FILHO; GODOY; CÂMARA, 1982). Hoje lavouras de soja são cultivadas em praticamente todas as regiões do território brasileiro, devido aos grandes avanços nos trabalhos de pesquisa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2008).

A soja tem grande importância no sistema de produção agrícola brasileiro e mundial. No Brasil, essa cultura ocupa posição de destaque e se apresenta como a mais importante cultura em produção de grãos e em exportação. A participação do agronegócio no PIB brasileiro está fortemente ligada às exportações dos produtos originários desta cultura.

Atualmente o agronegócio representa praticamente 40% das exportações brasileiras e o complexo soja representa 14% das exportações nacionais. Com um panorama de exportações cada vez mais favorável, o complexo soja é hoje umas das principais commodities do Brasil. O consumo mundial de soja vem aumentando gradativamente nos últimos anos, estando associado ao crescimento da população mundial e ao aumento do poder aquisitivo das pessoas, principalmente nos países em desenvolvimento como a China, Índia e Brasil (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012a).

A soja é considerada, mundialmente, uma das principais fontes de produção de óleos e proteínas vegetais para alimentação humana e animal. Ela constitui atualmente um dos produtos de maior importância na economia brasileira, pois ocupa um lugar de destaque na oferta de óleo para o consumo interno, na alimentação animal como principal fonte proteica, na produção de biocombustível, além de gerar outros produtos, e como já comentado, na pauta de exportação do país (MANARA, 1988; SEDIYAMA et al., 1993; LOPES et al., 2002; CONAB, 2012a).

Com o intuito de aumentar o rendimento da cultura, mantendo a qualidade dos grãos e sementes produzidas, faz-se necessário a continuidade no processo de

geração de informações, provenientes da pesquisa dirigida, que analise práticas relacionadas ao manejo correto desta cultura (EMBRAPA, 2011).

2.2 Manejo de plantas daninhas na cultura da soja

Alguns efeitos negativos no crescimento, desenvolvimento e produtividade de uma cultura, devido à presença de plantas daninhas, não podem ser atribuídos unicamente à competição imposta por estas, mas é resultante de um total de pressões ambientais que são direta ou indiretamente ligadas a presença delas no ambiente agrícola. Este conjunto de ações negativas impostas à cultura de interesse, em decorrência da presença de plantas daninhas no ambiente chama-se interferência (PITELLI; PITELLI, 2004).

Atualmente temos cerca de 30.000 espécies de plantas daninhas que causam danos às culturas comerciais, como a soja, através da competição por nutrientes, água, espaço físico e luz, ou ainda liberando substâncias alelopáticas, impossibilitando que a cultura expresse todo seu potencial produtivo. Isto ocorre devido à agressividade das plantas daninhas, que apresentam diversas características adaptativas para suportar condições adversas e se propagar, enquanto que as culturas como a soja, por meio do melhoramento genético perderam esta “agressividade” para ganhar produtividade, ficando mais vulneráveis a serem afetadas pelas plantas daninhas (ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013).

O controle de plantas daninhas é uma prática de fundamental importância para a obtenção de altos rendimentos em qualquer exploração agrícola, e é tão antiga quanto a própria agricultura. Conforme a espécie, a densidade e a distribuição da infestante na lavoura, as perdas são mais significativas. Os métodos normalmente utilizados para controlar as infestantes são o preventivo, mecânico, biológico, químico e o cultural. Quando possível, é aconselhável utilizar a combinação de dois ou mais métodos (EMBRAPA, 2011; CONSTANTIN, 2011; VICTORIA FILHO, 2008).

Atribui-se a grande aceitação ao método de controle químico, pelos produtores, ao fato de que o controle das plantas daninhas por herbicidas proporciona várias facilidades e vantagens. Entre elas destaca-se: menor dependência da mão-de-obra, que é cada vez mais cara e difícil de ser encontrada;

mesmo em épocas chuvosas, o controle químico das plantas daninhas é eficiente; é eficiente no controle de plantas daninhas na linha de plantio e não afeta o sistema radicular das culturas; permite o cultivo mínimo ou plantio direto das culturas; pode controlar plantas daninhas de propagação vegetativa; permite o plantio a lanço e, ou, alteração no espaçamento, quando for necessário (SILVA et al., 2009a; VICTORIA FILHO, 2008).

Devido à crescente importância, e grande aceitabilidade por partes dos produtores da soja apresentando a tecnologia RR, cabe destacar que a utilização da soja geneticamente modificada, apresentando tolerância ao herbicida glyphosate, trouxe profundas mudanças no manejo de espécies daninhas, pois onde antigamente se utilizavam outros herbicidas e associações de produtos, agora em muitas situações, é aplicado somente o glyphosate.

Assim, ressalta-se que o controle adequado das plantas daninhas dentro do sistema de produção da cultura da soja, torna-se fundamental para a obtenção de altos níveis de produtividade e consequentemente de lucratividade para o agricultor. Neste sentido, temos a prática do manejo integrado das plantas daninhas e a grande importância dos transgênicos, que auxiliam na busca pela sustentabilidade dentro de sistemas integrados de manejo na produção agrícola, desde que bem posicionados.

2.3 O herbicida glyphosate

Em vários momentos a trajetória do mecanismo de ação, inibidor da EPSPs, se confunde com a trajetória do herbicida glyphosate, devido a ser ele o principal representante deste grupo. Pois, além do glyphosate, no grupo químico das glicinas há somente o sulfosate, atualmente sem registro no Brasil (AGROFIT, 2013), e não é muito utilizado e pesquisado no mundo, quando comparado a outros herbicidas.

Este produto foi inventado por um químico suíço, em 1950. Depois de passar por várias empresas e não apresentar aplicação farmacêutica chegou a Monsanto, onde em 1971, em meio a um programa específico para descobrir um herbicida sistêmico, para controle de plantas perenes, é que a atividade herbicida do glyphosate foi comprovada. Então em 1974 o produto denominado Roundup foi lançado comercialmente, e devido suas excelentes características ele se espalhou rapidamente pelo mundo, obtendo grande aceitação pelos agricultores (HALTER, 2009).

O glyphosate é um herbicida de aplicação em pós-emergência, pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas, classificado como não seletivo (seletivo somente para culturas RR). Apresenta largo espectro de ação, pelo controle plantas daninhas anuais ou perenes, tanto de folhas largas como estreitas. Apresenta ação sistêmica, é absorvido pelas folhas e tecidos verdes, e translocado, preferencialmente pelo floema, para os tecidos meristemáticos da planta. Age inibindo a atividade da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPs), que é catalisadora de reações de síntese de aminoácidos aromáticos essenciais à planta, como: fenilalanina, tirosina e triptofano (GALLI; MONTEZUMA, 2005; VICTORIA FILHO, 2008).

A importância do herbicida glyphosate é extremamente grande no mercado mundial e nacional de defensivos agrícolas, destaca-se assim a relevância deste produto e seu uso intensivo. Produtos que apresentam glyphosate são registrados em mais de 130 países, e temos mais de 150 marcas comercializadas contendo glyphosate, o seu controle é comprovado para mais de 300 espécies de plantas daninhas, e é utilizado em mais de 100 culturas, com registro (MONSANTO, 2012; VELINI et al, 2009).

A grande eficácia do glyphosate no controle de plantas daninhas favoreceu a implantação e êxito do sistema de plantio direto no Brasil, o qual apresenta características conservacionistas benéficas à agricultura. Depois da expansão no uso deste herbicida o plantio direto teve expressivo avanço, tendo se solidificado com o passar dos anos, e outra revolução na agricultura brasileira e mundial vem sendo proporcionada por esta molécula, relacionada às culturas RR (GALLI, 2009).

Além do uso consolidado deste herbicida como dessecante e o uso recente em pós-emergência sobre as culturas RR, o glyphosate é amplamente utilizado para controle de plantas daninhas em meio a culturas perenes, como em pomares de citros, maçã e outras frutíferas, áreas de café e áreas florestais, em que, segundo várias pesquisas nacionais e internacionais, sua aplicação adequada proporciona controle eficaz das plantas daninhas sem danos às culturas de interesse (GALLI; MONTEZUMA, 2005).

Esta molécula é usada, com registro em vários países, para controle de plantas macrófitas aquáticas, e continua sendo estudada para este fim, como também é estudada como maturador, em culturas como cana-de-açúcar (VELINI et al., 2009). Também de acordo com pesquisas atuais, o uso de doses não letais de

glyphosate é relatado como estimulador do desenvolvimento de plantas. Este efeito é chamado de “hormese”. Porém, em culturas tolerantes a esta molécula, o efeito destas subdoses é nulo. Supõe-se que o efeito causado por estas doses de glyphosate está relacionado com o alvo molecular do herbicida, mas ainda não se sabe ao certo metabolicamente como isso ocorre (ALBRECHT; BARROSO; ALBRECHT, 2013).

É válido destacar mais algumas características importantes desta molécula, como: é um ácido fraco, comercializado na forma de sais; translocado pelo simplasto em gramíneas e folhas largas; a morte da planta ocorre lentamente, de 7 a 14 dias após a aplicação, em plantas anuais; não apresenta atividade no solo, pois é adsorvido nas partículas; águas de pulverização contendo muitos sais solúveis (Ca e Mg) diminuem a atividade deste herbicida; como a enzima afetada é exclusiva de plantas, apresenta, de maneira geral, pouca toxicidade para animais (OLIVEIRA JR, 2011; SILVA, 2009b).

Especificamente com relação à toxicologia e ao meio ambiente, pode-se destacar que o glyphosate é fortemente adsorvido ao solo, prevenindo absorção por outras plantas e movimento pela água; é inativado e biodegradado rapidamente por grande variedade de microrganismos do solo; e é pouco volátil. Assim do ponto de vista ecotoxicológico as propriedades físico-químicas do glyphosate conferem-lhe comportamento peculiar e distinto da maioria dos defensivos agrícolas usualmente estudados, sendo comparativamente mais seguro que muitos outros herbicidas (VELINI et al, 2009; ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013).

Nos últimos anos, devido principalmente as culturas RR que promoveram o uso repetitivo em grande escala deste produto, surgiram e continuam surgindo vários registros de plantas daninhas resistentes ao glyphosate, no Brasil e no Mundo. É interessante observar que este aparecimento de biótipos de plantas daninhas resistentes ao herbicida glyphosate está diretamente relacionado ao desenvolvimento e expansão das culturas RR pelo mundo, pois com o uso continuado deste herbicida ocorreu uma maior pressão de seleção destes biótipos (HEAP, 2013; ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013).

Existem 25 espécies resistentes em várias regiões agrícolas do mundo. Destacando-se, que os Estados Unidos da América do Norte, que foi o país precursor das culturas RR, apresenta hoje 12 biótipos de plantas daninhas resistentes ao glyphosate. Já o Brasil, que é o segundo maior produtor mundial de

culturas como a soja, entre outras, apresenta cinco biótipos resistentes, mesmo número encontrado na Espanha. Países como Argentina, Austrália e África do Sul, que também são grandes produtores de grãos, apresentam três biótipos resistentes. Por fim, Chile, Paraguai, Canadá, Itália, França, Israel, República Tcheca, Malásia e China apresentam um biótipo resistente (HEAP, 2013).

Estes problemas referentes à resistência de plantas daninhas, da mesma forma que os possíveis danos causados a soja RR, envolvem o uso intensivo e algumas vezes indiscriminado do glyphosate.

2.4 A soja RR

Atualmente a sociedade é testemunha de que as plantas transgênicas apoiaram o surgimento e desenvolvimento de “produtos” e “serviços” com impacto significativo na vida do produtor rural e dos consumidores, em praticamente todo o Mundo. Organismos geneticamente modificados vêm ganhando a preferência de agricultores, devido a diversos benefícios proporcionados (BORÉM; SANTOS, 2008).

Os trabalhos iniciais com plantas transgênicas, no campo, foram desenvolvidos em 1986, nos Estados Unidos da América do Norte e na França, e com o passar do tempo, até meados de 1995, já tinham sido testadas 56 diferentes culturas em mais de 3.500 experimentos, em cerca de 15.000 áreas. Entre as principais características inseridas estava a tolerância a herbicidas (OLIVEIRA JR.; INOUE, 2011).

Anteriormente ao surgimento e expansão das culturas tolerantes a herbicidas, a maior dificuldade no controle de plantas daninhas que competiam com a cultura comercial, estava vinculada à dificuldade de um único produto realizar o controle eficiente de todas as invasoras, ou seja, apresentar um amplo espectro de controle de plantas daninhas e ao mesmo tempo, ser seletivo para a cultura de interesse, não causando danos a esta (ALBRECHT; ALBRECHT; VICTORIA FILHO, 2013).

Desta forma, uma das primeiras características transgênicas a serem incorporadas com sucesso a culturas comerciais, foi a tolerância a herbicida, com o desenvolvimento de culturas tolerantes ao herbicida glyphosate, apresentando a tecnologia conhecida como Roundup Ready (RR). Esta tecnologia proporcionou aos agricultores expressivos benefícios, estando apoiada no eficiente herbicida

glyphosate, que representa atualmente, em torno de 12 a 14% do mercado mundial de defensivos agrícolas, e tem participação entre 38 e 40% no mercado dos herbicidas, com uma produção anual do ácido de glyphosate em torno de um bilhão de quilos, apresentando uma taxa média de crescimento no mercado mundial próxima a 15% ao ano, nos últimos anos (VELINI et al., 2009; MONSANTO, 2011).

No Brasil, a cultura RR mais difundida é a soja, que foi o primeiro evento transgênico liberado pela CTNBio, em 1998 (CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA - CIB, 2012), que é cultivada legalmente desde 2005. Neste sentido, juntamente com o crescimento das áreas ocupadas pelas lavouras de soja no Brasil, que na safra 2011/2012 atingiram 24,97 milhões de hectares, passando a ser a maior área já cultivada com soja no país (CONAB, 2012b), ocorreu um elevado incremento das lavouras cultivadas com soja tolerante ao glyphosate, chegando-se a aproximadamente 85%, de toda área cultivada (SAFRAS & MERCADO, 2012).

Acontecimento este que se repetiu na última safra (2012/2013), em que, segundo a CONAB (2013), a área cultivada com a oleaginosa foi de 27,65 milhões de hectares, sendo cerca de 10% maior que a anterior, e as lavouras de soja RR corresponderam por quase 90% da área total com soja, ou seja, 24,45 milhões de hectares (CÉLERES, 2013).

Este fato se repetirá nesta próxima safra (2013/2014), em que, segundo CIB (2013), as lavouras de soja contendo a tecnologia Roundup Ready (RR), deverão cobrir 26,9 milhões de hectares, sendo cerca de 10% maior que a safra anterior, e será equivalente a 92,4% da estimativa de área plantada para a oleaginosa no Brasil. Desta forma, o cultivo de soja RR no País deve atingir níveis semelhantes aos da Argentina e dos Estados Unidos da América do Norte, onde a tecnologia foi introduzida anteriormente.

A soja RR apresenta a enzima EPSPs proveniente de *Agrobacterium* sp. (PADGETTE et al., 1995), a qual é resistente ao glyphosate. E mesmo o mecanismo de ação do glyphosate sendo amplamente conhecido, alguns de seus possíveis efeitos sobre as plantas são pouco estudados. No entanto, estes efeitos podem apresentar implicações no crescimento de plantas e microrganismos (OLIVEIRA JR., 2011), e até sobre a própria cultura RR.

A cultura da soja é objeto de muitas pesquisas dirigidas à obtenção de informações que possibilitem aumentos na produtividade e redução nos custos de

produção. Isso tem exigido a constante adaptação e melhor posicionamento de tecnologias já consolidadas, e também, introdução de novas tecnologias relacionadas ao manejo adequado de plantas daninhas, sem causar prejuízo à cultura.

2.5 Efeitos da aplicação de glyphosate na soja RR

Partindo do pressuposto que o glyphosate pode apresentar alguns efeitos indesejáveis mesmo em plantas de soja RR, para as quais é seletivo, destaca-se que qualquer estresse acarretará efeito negativo sobre o crescimento e desenvolvimento normal das espécies vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013). Neste sentido, Reddy e Zablotowicz (2003) citam que aplicações de glyphosate tem provocado danos consideráveis na soja RR, sob certas condições e formulações. Resultados de Santos et al. (2007a, 2007b), por exemplo, reforçam a hipótese de que o glyphosate pode prejudicar a soja RR, afetando a simbiose com o rizóbio, e alterando o balanço nutricional da planta.

Resultados de pesquisas recentes relatam que o glyphosate pode influenciar o balanço nutricional, gerar efeitos fitotóxicos, afetar a eficiência no uso da água, a fotossíntese, o acúmulo de biomassa, a qualidade das sementes e grãos produzidos, e assim o desempenho agrônomo da cultura (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007; ZOBIOLE et al. 2010a, 2010b, 2010c; ALBRECHT; ÁVILA, 2010, ALBRECHT, L. P. et al., 2011a, 2011b, 2012a, 2012b, ALBRECHT, A. J. P. et al. 2013a, 2013b; ALONSO et al., 2013). Esses resultados denotam a possibilidade de comprometimento do desempenho agrônomo da soja RR, sob aplicação de glyphosate em pós-emergência.

Estudos demonstram que com o uso de glyphosate podem ocorrer problemas no metabolismo secundário (LYDON; DUKE, 1989; ZOBIOLE et al., 2010c), no metabolismo do AIA (ácido indol-3-acético) (LEE, 1982), na produção de fitoalexinas (KEEN; HOLLIDAY; YOSHIKAWA, 1982), na rizosfera (KREMER; MEANS; KIM, 2005), na fixação biológica do nitrogênio (MARÍA et al., 2006; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004; SANTOS et al., 2004; DVORANEN et al., 2008; ZOBIOLE et al. 2010a), na nutrição mineral (NEUMANN et al., 2006; ZOBIOLE et al., 2010a, 2010d, 2010e), no conteúdo de clorofilas (ZOBIOLE et al., 2010c; REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004), 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).

Mesmo sendo inegável a aceitação e êxito desta tecnologia, há relatos consistentes de que alguns cultivares de soja, mesmo tolerantes, podem ainda apresentar sintomas de fitointoxicação após a aplicação de glyphosate, como pode ser notado pela literatura supracitada. Estas respostas fisiológicas podem variar de acordo com as características do solo, condições ambientais e outros fatores (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004).

Tais sintomas podem se manifestar na forma de injúrias perceptíveis visualmente na parte aérea, como amarelecimento das folhas superiores, que geralmente não são observados durante todo o ciclo da soja, desaparecendo em torno de 20 dias após a aplicação (ALONSO, 2008), ou podem manifestar-se como danos não perceptíveis, como no caso da redução da atividade e do número de nódulos fixadores de nitrogênio (ALONSO, 2008; OLIVEIRA JR. et al., 2008; DVORANEN et al., 2008).

Com relação aos efeitos notados na parte aérea, tem-se observado o chamado “yellow flashing”, que seria um sintoma visual do efeito negativo do glyphosate sobre parâmetros fotossintéticos e teores de clorofila (KRAUSZ; YOUNG, 2001; REDDY; ZABLOTOWICZ, 2003). Esse amarelecimento de folhas jovens pode ser atribuído à imobilização de cátions bivalentes como Fe e Mn (HUBER, 2006; BOTT et al., 2008; ZOBIOLE et al., 2010e). Esta é uma das possibilidades que explicariam a menor concentração destes nutrientes nos tecidos das plantas (ZOBIOLE et al., 2010e).

Segundo Cakmak et al. (2009) a duração deste amarelecimento depende provavelmente da habilidade da planta de se recuperar pela absorção radicular dos elementos que foram imobilizados pelo herbicida nos tecidos foliares. Para Reddy, Rimando e Duke (2004), este sintoma indesejável na soja RR pode estar relacionado ao acúmulo de AMPA (ácido aminometilfosfônico), primeiro metabólito fitotóxico do glyphosate, o qual é um dos responsáveis pela diminuição da biomassa seca da parte aérea e raiz e do teor de clorofila (REDDY; HOAGLAND; ZABLOTOWICZ, 2000; KING; PURCELL; VORIES, 2001; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004, 2007).

Com relação à fixação biológica de N, Santos et al. (2007a) demonstram que o Roundup Transorb diminuiu, consideravelmente, o número de nódulos radiculares produzidos na simbiose entre soja e rizóbio. Reddy e Zablotowicz (2003) observaram que o sal de isopropilamina, presente nas formulações Roundup Transorb e Roundup Ready se acumulou nos nódulos radiculares da soja transgênica em concentrações acima das observadas para outros sais. Resultados de Santos et al. (2007b), Oliveira Jr. et al. (2008) e Dvoranen et al. (2008), reforçam a hipótese de que o glyphosate prejudica a simbiose entre rizóbio e soja.

Neste sentido, Santos et al. (2007a) acreditam que a diminuição da capacidade da cultura em realizar a simbiose com o rizóbio para formação dos nódulos, nas plantas de soja tratadas com R. Transorb tenha contribuído para o menor teor de N nas folhas. No entanto, diferentemente do observado para a capacidade de nodulação, a aplicação de qualquer uma das formulações do glyphosate promoveu a diminuição do teor de N nas folhas, levando-se a considerar que a aplicação desse herbicida, mesmo na dose recomendada para a cultura da soja, pode ser nocivo ao balanço nutricional.

Semelhante ao observado para o N, o cálcio também foi diminuído nas folhas das plantas tratadas com glyphosate, no trabalho realizado por Santos et al. (2007a). Várias pesquisas demonstram que nutrientes, como N, Ca, Mg, Fe, Mn e Cu, tem seus níveis alterados sob a aplicação de glyphosate (HUBER et al., 2004; GORDON, 2006; SANTOS et al., 2007a; HUBER, 2007; ZOBIOLE, 2010e).

No caso do Mn, este elemento age como cofator, ativando cerca de 35 diferentes enzimas, comandando desde a biossíntese de aminoácidos aromáticos até a de produtos secundários, como a lignina e flavonóides (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Baixas concentrações de lignina e flavonóides, entre outros diversos fatores, são responsáveis pela diminuição na resistência às doenças (RIZZARDI et al., 2003; HUBER et al., 2004; GORDON, 2006; RAHE, 2007, GORDON, 2007; JOHAL; HUBER, 2009).

A explicação bioquímico-fisiológica da deficiência de Mn ou outros micronutrientes ainda é uma incógnita. Sabe-se, por exemplo, que a partir do decréscimo do número de bactérias redutoras de Mn se tem então a disponibilidade de Mn diminuída, indicando o papel da redução biológica de manganês (NOGUEIRA; CARDOSO, 2002).

Exsudações de glyphosate e/ou AMPA poderiam afetar os microrganismos presentes na rizosfera, já que o glyphosate, propriamente no solo, dificilmente inibiria a ação de bactérias, devido sua alta sorção (PRATA et al., 2003). Outra possibilidade seria a ligação química que pode ocorrer entre glyphosate e seus metabólitos a cátion divalente, como Cu e Fe além do Mn, mas somente há especulações e proposições.

Trabalhos relacionam diretamente a qualidade das sementes com níveis de micronutrientes, como Mann et al. (2002) que estabelecem ligação entre aumentos na germinação e no vigor das sementes de soja com a aplicação de Mn na cultura. Assim, diminuindo de alguma forma a disponibilidade de Mn ou de outro nutriente para a soja, pelo uso de glyphosate, se chegaria a uma possível situação de decréscimo na qualidade das sementes.

Albrecht e Ávila (2010) mencionam observação de tendência linear decrescente na qualidade das sementes com o incremento na dose de glyphosate, justificada pelo efeito deletério das altas doses desse herbicida. De acordo com Albrecht, L. P. et al. (2011b) aplicações de glyphosate podem trazer efeitos danosos à composição química das sementes, alterando potencialmente os teores de proteínas, principalmente quando essas aplicações ocorrem no período reprodutivo.

Projeto realizado por pesquisadores americanos visualizou a possibilidade da ocorrência de efeitos deletérios do glyphosate sobre culturas RR, tratando principalmente a soja, em situações onde a aplicação ocorre fora do período ideal de aplicação, ou seja, quando esta é realizada, por exemplo, no início do estágio reprodutivo (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 2012). Neste mesmo contexto, trabalho conduzido no Brasil, por Albrecht, A. J. P. et al. (2012), relatou que aplicações de altas doses de glyphosate no período reprodutivo da soja RR, podem trazer danos consideráveis à cultura, corroborando com os resultados discutidos por Albrecht, L. P. et al. (2011b).

Além dos trabalhos comentados anteriormente, que tratam a utilização de glyphosate em soja RR e seus efeitos, foram observados outros que abordam parcialmente, a seletividade deste herbicida, relatando observações de injúrias leves causadas a cultura, porém estas não se refletiram em danos severos e permanentes a lavoura, como queda de produção (LICH; RENNER; PENNER, 1997; CORRIGAN; HARVEY, 2000; GREY; RAYMER, 2002; ELLIS; GRIFFIN, 2003). Entretanto estas pesquisas foram realizadas em conjunto com testes de eficácia, e com glyphosate

isolado e em misturas, não sendo desenvolvidas exclusivamente para verificar a resposta da soja transgênica a aplicação do herbicida em questão, como é o objetivo do presente trabalho.

Inferese-se que, com base na literatura disponível, dentro desta linha de pesquisa, podem-se assumir consequências do uso inadequado do glyphosate, na soja RR, sobre seu balanço nutricional, fatores bioquímicos e fisiológicos, e consequentemente afetando os componentes de produção da cultura.

Porém, mesmo considerando a enorme contribuição desses trabalhos supramencionados, na elucidação de questões pertinentes nesta área, ainda persistem dúvidas a serem investigadas no âmbito do desempenho agrônomo, para a partir das respostas alcançadas encontrar explicações sobre o real impacto da aplicação de diferentes doses, manejos e formulações de glyphosate em distintas condições de campo, sobre a soja RR.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condução dos experimentos

3.1.1 Descrição dos experimentos realizados

Os dois experimentos principais foram conduzidos, por dois anos agrícolas, em áreas de produção, localizadas nos Municípios de Assis Chateaubriand, situado na Região Oeste do Estado do Paraná (Experimento I) e Marialva, situada na Região Norte Central do Estado do Paraná (Experimento II), nas safras 2011/12 e 2012/13.

As regiões em que as áreas experimentais foram conduzidas são bem conhecidas no Paraná e Brasil, pelo seu grande potencial produtivo, com relação à cultura da soja e outras lavouras anuais. No entanto, devido à diferente localização das regiões, estas possuem características edafoclimáticas distintas, o que permitiu uma melhor compreensão dos efeitos dos tratamentos.

A cultivar de soja utilizada para os dois locais foi a NK 7059 RR, que foi escolhida por apresentar a maior área semeada nas safras 2009/10, 2010/11 e 2011/12, no Estado do Paraná (COCAMAR, 2012; C. VALE¹, 2013 - Informação verbal).

O delineamento experimental empregado para estes dois experimentos foi em blocos casualizados, com quatro repetições, e os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 2X2X5 (formulações X manejos X doses), totalizando-se 20 tratamentos e 80 parcelas (Tabela 1).

O manejo 1 foi composto pela aplicação única de glyphosate (em duas formulações) no estágio V4, e o manejo 2 foram aplicações sequenciais de glyphosate (em duas formulações), sendo a primeira no estágio V4 (FEHR et al., 1971), e a segunda entre os estádios V5 e V6 (10 dias após a primeira aplicação). As doses estão expressas em gramas de equivalente ácido por hectare.

---

¹ Informação fornecida pelos técnicos de campo da C. Vale, Palotina, em 2013, sobre a cultivar de soja RR mais cultivada no Estado do Paraná.

Tabela 1 - Tratamentos realizados com cada uma das duas formulações de glyphosate (Roundup Ready e Zapp QI). Paraná - safras 2011/12 e 2012/13

Doses de glyphosate (g e.a. ha ⁻¹)	
Manejo 1 – aplicação única	Manejo 2 – sequencial
0	0 + 0
720	360 + 360
1440	720 + 720
2160	1080 + 1080
2880	1440 + 1440

Quanto às duas formulações de glyphosate utilizadas, uma apresenta em sua composição o sal de isopropilamina (Roundup Ready), e a outra apresenta o sal potássico (Zapp QI) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), sendo estas escolhidas por serem distintas e por apresentarem produtos comerciais com registro para aplicação em pós-emergência na cultura da soja RR.

Foram conduzidos experimentos complementares no campo, além dos dois principais que foram realizados em duas safras. Procurando verificar informações mais completas com relação ao uso do glyphosate, e permitindo ampliar o escopo da pesquisa.

Na safra 2011/12 foi conduzido um experimento idêntico aos dois principais, também na área experimental de Assis Chateaubriand, porém a cultivar de soja utilizada foi a BMX Turbo RR (Experimento III), escolhida por sua representatividade significativa na região, estando entre as cultivares com maior área semeada nas últimas safras no Oeste do Paraná, segundo Cocamar (2013) e C. Vale² (2013) (informação verbal), e também por possuir características distintas da outra cultivar estudada.

Já na safra 2012/13 foi realizado um experimento em área experimental pertencente ao Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, SP (Experimento IV). Este também com tratamentos idênticos aos dois principais. Utilizou-se a cultivar BMX Potência RR, por ser a cultivar mais recomendada para esta região³ (informação verbal).

² Informação fornecida pelos técnicos de campo da C. Vale, Palotina, em 2013, sobre as cultivares de soja RR mais cultivadas no Estado do Paraná.

³ Informação fornecida pelos técnicos de campo da COPLACANA, em 2012, sobre áreas cultivadas com soja na região de Piracicaba.

Por fim, o principal experimento complementar realizado, foi também conduzido por duas safras (2011/12 e 2012/13), no Município de Palotina, situado na Região Oeste do Estado do Paraná (Experimento V). A cultivar utilizada foi a NK 7059 RR (mesma cultivar utilizada nos dois experimentos principais). Mas este foi diferente dos demais experimentos, pelo fato da aplicação dos tratamentos ter ocorrido no estágio de desenvolvimento R1 (FEHR et al., 1971). Como a aplicação ocorreu de forma tardia, foi utilizada a dose completa dos dois produtos em aplicação única, assim para estes experimentos não foi estudado o fator manejo, que foi analisado nos demais ensaios.

Neste ensaio os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 2X5 (formulações X doses), em que, as duas formulações foram as mesmas empregadas nos demais experimentos (sal de isopropilamina e sal potássico), e as cinco doses foram iguais as utilizadas no manejo 1 (0,0; 720; 1440; 2160; 2880 g e.a. ha⁻¹).

3.1.2 Características das áreas experimentais

A área onde foram conduzidos os experimentos I e III apresenta altitude de 406 m, e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico típico; com relação à área referente ao experimento II, a altitude é de 612 m, e o solo foi classificado como Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico; a altitude da área do experimento IV é de 536 m e o solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico; e a altitude do experimento V é de 320 m, e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho eutroférico típico (EMBRAPA, 2006).

Foi realizada a análise química e física do solo, antes da instalação dos experimentos (antes do primeiro ano agrícola para os que apresentaram duas safras), na profundidade de 0,0 - 0,20 m.

A análise do solo do experimento I e III apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 5,5; Al = 0,0 cmol_c dm⁻³, H+Al = 5,76 cmol_c dm⁻³, C = 17,26 g dm⁻³; P(Mehlich) = 11,47 mg dm⁻³; K = 0,62 cmol_c dm⁻³; Ca = 8,81 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,65 cmol_c dm⁻³; S = 7,52 mg dm⁻³; CTC = 17,84 cmol_cdm⁻³ e V = 67,71%. Com teores de argila, areia e silte total de: 65; 10 e 25%, respectivamente.

Já a análise do solo do experimento II apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 5,2; Al = 0,0 cmol_c dm⁻³, H+Al = 4,96 cmol_c dm⁻³, C = 14,29 g dm⁻³; P (Mehlich) = 5,78 mg dm⁻³; K = 0,33 cmol_c dm⁻³; Ca = 4,72 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,45

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $S = 4,45 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 11,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $V = 57\%$. Com teores de argila, areia e silte total de: 69; 19 e 12%, respectivamente.

A análise do solo do experimento IV apresentou os seguintes resultados: $\text{pH} (\text{CaCl}_2) = 5,0$; $\text{Al} = 0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{H+Al} = 3,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $C = 9,38 \text{ g dm}^{-3}$; $P (\text{Mehlich}) = 3,20 \text{ mg dm}^{-3}$; $K = 0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 2,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 0,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $S = 4,35 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 6,48 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $V = 50\%$. Com teores de argila, areia e silte total de: 41; 54 e 5%, respectivamente.

Por fim, a análise do solo do experimento V apresentou os seguintes resultados: $\text{pH} (\text{CaCl}_2) = 5,3$; $\text{Al} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{H+Al} = 6,01 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $C = 15,71 \text{ g dm}^{-3}$; $P (\text{Mehlich}) = 4,10 \text{ mg dm}^{-3}$; $K = 0,62 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 6,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 2,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $S = 7,47 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 14,75 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $V = 59,25\%$. Com teores de argila, areia e silte total de: 64; 22 e 14%, respectivamente.

Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante nas áreas dos experimentos I, II, III e V é o Cfa – subtropical úmido mesotérmico. Esse tipo de clima se caracteriza pela predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e uma tendência de concentração de chuvas no período de verão (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR, 1987). Já para a região do experimento IV o clima é caracterizado como Cwa pela classificação climática de Köppen, ou seja, subtropical úmido com estiagem no inverno.

Os dados de precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima, referentes ao período de duração dos experimentos foram coletados diariamente, sendo confeccionadas com estas informações as Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

As Figuras 1, 2, 3 e 4 referem-se respectivamente, aos dois experimentos principais conduzidos por duas safras. A Figura 5 se refere ao experimento complementar conduzido em Piracicaba. E as Figuras 6 e 7 referem-se ao experimento complementar com aplicação dos tratamentos no estágio reprodutivo. Ressalta-se que não foi necessário elaborar figura para o experimento III, pois ele foi conduzido na mesma área que o experimento I, sendo assim representado pela Figura 1.

Figura 1 - Representação da precipitação e temperaturas médias (mínima e máxima), para o período referente ao ciclo da cultura da soja, no Município de Assis Chateaubriand, na safra 2011/12
Fonte: SIMEPAR.

Figura 2 - Representação da precipitação e temperaturas médias (mínima e máxima), para o período referente ao ciclo da cultura da soja, no Município de Assis Chateaubriand, na safra 2012/13
Fonte: SIMEPAR.

Figura 3 - Representação da precipitação e temperaturas médias (mínima e máxima), para o período referente ao ciclo da cultura da soja, no Município de Marialva, na safra 2011/12
Fonte: INMET.

Figura 4 - Representação da precipitação e temperaturas médias (mínima e máxima), para o período referente ao ciclo da cultura da soja, no Município de Marialva, na safra 2012/13
Fonte: INMET.

Figura 5 - Representação da precipitação e temperaturas médias (mínima e máxima), para o período referente ao ciclo da cultura da soja, na Cidade de Piracicaba - SP, na safra 2012/13
Fonte: ESALQ/USP.

Figura 6 - Representação da precipitação e temperaturas médias (mínima e máxima), para o período referente ao ciclo da cultura da soja, no Município de Palotina, na safra 2011/12
Fonte: SIMEPAR.

Figura 7 - Representação da precipitação e temperaturas médias (mínima e máxima), para o período referente ao ciclo da cultura da soja, no Município de Palotina, na safra 2012/13

Fonte: SIMPAR.

3.1.3 Instalação e manejo dos experimentos

Conforme visualizado anteriormente as figuras elaboradas consideraram o período referente à condução dos experimentos. Assim, é importante destacar a data de semeadura e colheita dos experimentos, que foram: Experimento I na safra 2011/12, semeadura em 29/09/2011 e colheita em 01/02/2012; na safra 2012/13, 27/09/2012 e 03/02/2013, respectivamente; Experimento II na safra 2011/12, semeadura em 20/10/2011 e colheita em 20/02/2012; na safra 2012/13, 03/11/2012 e 02/03/2013, respectivamente; Experimento III (somente safra 2011/12), semeadura em 29/09/2011 e colheita em 05/02/2012; Experimento IV (somente safra 2012/13), semeadura em 29/11/2012 e colheita em 04/04/2013; Experimento V na safra 2011/12, semeadura em 22/09/2011 e colheita em 23/01/2012; na safra 2012/13, 17/09/2012 e 24/01/2013, respectivamente.

Em todos os experimentos realizados, as parcelas foram constituídas de seis linhas de cinco metros de comprimento (espaçamento entre linhas de 0,45 m). Para as avaliações, utilizou-se área útil de 5,4 m², em que foram consideradas apenas as quatro fileiras centrais, descartando-se 1 metro de cada extremidade das fileiras (bordaduras).

Para as aplicações foliares, em todos os experimentos, foi utilizado pulverizador costal propelido a CO_2 , com pressão constante de 2 BAR (ou 29 PSI), com vazão de $0,65 \text{ L min}^{-1}$, equipado com barra contendo 6 pontas tipo leque, da série Teejet tipo XR 110 02, que, trabalhando a uma altura de 50 cm do alvo e a uma velocidade de 1 m segundo^{-1} , atingindo uma faixa aplicada de 50 cm de largura, propiciou um volume de calda de 200 L ha^{-1} .

Com relação às datas e as condições ambientais no momento das aplicações dos tratamentos, nos diversos experimentos, estas foram:

No experimento I para as safras 2011/12 e 2012/13 a aplicação única (M1), juntamente com a primeira aplicação do manejo sequencial (M2), foram realizadas respectivamente dia 23/10/2011 (umidade relativa (UR) = 64%; velocidade do vento (vv) = 2 km h^{-1} ; temperatura (T) = 27°C) e dia 25/10/2012 (UR = 61%; vv = 3 km h^{-1} ; T = 28°C), já a segunda aplicação, para o manejo sequencial, foi realizada respectivamente para as safras 2011/12 e 2012/13, nos dias 02/11/2011 (UR = 56%; vv = 4 km h^{-1} ; T = 29°C) e 05/11/2012 (UR = 69%; vv = 3 km h^{-1} ; T = 24°C).

No experimento II, para as safras 2011/12 e 2012/13 a aplicação única, juntamente com a primeira aplicação do manejo sequencial, foram realizadas respectivamente dia 01/12/2011 (UR = 66%; vv = 4 km h^{-1} ; T = 26°C) e dia 30/11/2012 (UR = 60%; vv = 3 km h^{-1} ; T = 27°C), já a segunda aplicação, para o manejo sequencial, foi realizada respectivamente, para as safras 2011/12 e 2012/13, nos dias 11/12/2011 (UR = 55%; vv = 4 km h^{-1} ; T = 28°C) e 10/12/2012 (UR = 71%; vv = 5 km h^{-1} ; T = 23°C).

No experimento III, realizado na safra 2011/12, a aplicação única (juntamente com a primeira aplicação do manejo sequencial), e a segunda aplicação do manejo sequencial, foram realizadas respectivamente dias 23/10/2011 (UR = 64%; vv = 2 km h^{-1} ; T = 27°C), e 02/11/2011 (UR = 56%; vv = 3 km h^{-1} ; T = 29°C).

No experimento IV, realizado na safra 2012/13, a aplicação única (juntamente com a primeira aplicação do manejo sequencial), e a segunda aplicação do manejo sequencial, foram realizadas respectivamente dias 23/12/2012 (UR = 82%; vv = 4 km h^{-1} ; T = 24°C), e 02/01/2013 (UR = 71%; vv = 3 km h^{-1} ; T = 21°C).

No experimento V, para as safras 2011/12 e 2012/13 (somente aplicação única), as aplicações foram realizadas respectivamente dia 14/11/2011 (UR = 63%; vv = 4 km h^{-1} ; T = 27°C) e 16/11/2012 (UR = 57%; vv = 3 km h^{-1} ; T = 29°C).

O emprego das práticas de adubação, instalação da cultura e manejo fitossanitários seguiram as prescrições da Embrapa (2011). E as áreas experimentais foram mantidas livres da presença de plantas daninhas durante todo seu desenvolvimento, por meio de capinas manuais.

3.2 Avaliações realizadas

Foi avaliada a fitointoxicação aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (D.A.A.), através de avaliações visuais, em que, foram atribuídas notas percentuais a cada unidade experimental (0 para ausência de injúrias, até 100% para morte das plantas), considerando-se neste caso sintomas significativamente visíveis nas plantas, de acordo com seu desenvolvimento (SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS - SBPCPD, 1995).

Foi realizada também avaliação dos teores de clorofila tipo A, B e clorofila total, nos dois experimentos principais, quando a soja se encontrava no estágio de desenvolvimento R2, utilizando um medidor eletrônico de teor de clorofila (ClorofiLOG). Este clorofiLOG mede a absorção de luz pela folha em comprimentos de onda específicos, através das relações de absorção nas diferentes frequências é determinado o teor Falker de clorofila, este valor apresenta grande correlação com medições de laboratório e considera a presença da clorofila dos tipos A e B (FALKER, 2009).

As variáveis relacionadas ao desempenho agrônômico foram: estande, altura de plantas, número de vagens por planta, produtividade, e massa de cem sementes.

Para a determinação da altura das plantas, foram avaliadas 10 plantas, escolhidas ao acaso na área útil das parcelas, realizando as medições com o auxílio de régua milimetrada de madeira, sendo os resultados expressos em centímetros. O número de vagens por planta foi avaliado por ocasião da maturação plena (estádio R8), por meio da contagem manual do número de vagens presentes, igualmente em 10 plantas escolhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela.

As plantas foram colhidas manualmente, no estágio R8, ou seja, quando 95% das vagens apresentavam a coloração típica de vagem madura (FEHR et al., 1971). Em seguida, as vagens foram debulhadas em trilhadeira para experimentos, limpas com o auxílio de peneiras e acondicionadas em sacos de papel, para realização de posteriores análises e avaliações.

Partindo-se do rendimento de sementes nas parcelas, foram estimadas as produtividades em kg ha^{-1} , para cada tratamento e repetição. Em seguida, foi determinada a massa de cem sementes, por meio da pesagem de oito subamostras de 100 sementes, para cada repetição de campo, com o auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama. Para o cálculo do rendimento e da massa de cem sementes, o grau de umidade das sementes, determinado por meio do método de estufa a $105\pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 2009), foi corrigido para 13% base úmida.

3.3 Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002). Após atendidas as pressuposições básicas para a análise de variância, foram realizados todos os desdobramentos necessários ($P<0,05$). Para avaliar o comportamento das doses foi empregada a análise de regressão ($P<0,05$), enquanto o teste F foi conclusivo na comparação das médias, para os tratamentos qualitativos (manejos e formulações) ($P<0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das condições meteorológicas, ilustradas nas Figuras 1 e 3, pode ser observado que nos dois locais, onde foram conduzidos os experimentos principais, na safra 2011/12, principalmente devido ao déficit hídrico, entre os estádios de desenvolvimento R2 e R5 (FEHR et al., 1971), para o experimento I, e entre os estádios V4 e R3 (FEHR et al., 1971), para o experimento II, o desenvolvimento da cultura foi afetado severamente, em que, nestas localidades a diminuição da produtividade ultrapassou 50% (SECA..., 2012; C.VALE⁴, 2013). Quando feito um paralelo entre as Figuras 1 e 3 e as Figuras 2 e 4, podemos observar nitidamente a grande diferença entre os dois anos agrícolas.

Cabe salientar, que do ponto de vista ecofisiológico quando o estresse hídrico (por falta de água) ocorre nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura (Experimento II, safra 2011/12) ocorre uma limitação no crescimento da parte aérea, e a planta acentua a produção de raiz, assim as plantas apresentaram menor altura, e com o decréscimo da altura se diminui o número de nós por planta e, por consequência, o número de vagens (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007; SANTOS, 2008; INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS, 1994).

Já quando o estresse é mais tardio, na fase reprodutiva (Experimento I, safra 2011/12), a planta sofre de maneira significativa com relação aos caracteres produtivos, aumentando o abortamento das flores, pois entre outros efeitos este estresse acarreta em diminuição da absorção de nutrientes essenciais à floração e fecundação, e também a baixa umidade relativa do ar desfavorece a fecundação. Além do fato que neste período a planta está se mantendo e gerando sementes, ou seja, está destinando fotoassimilados para as reservas, tendo sua relação fonte-dreno alterada, assim o enchimento de grãos (R5) é considerada uma das fases mais críticas de desenvolvimento da soja. (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007; SEDIYAMA et al., 1993; BERGAMIN, CANCIAN; CASTRO, 1999).

Desta forma, para as duas situações diferentes, encontradas nos experimentos I e II, as condições ambientais adversas afetaram o desenvolvimento e, portanto, o desempenho agrônômico da cultura.

---

⁴ Informação fornecida pelos técnicos de campo da C. Vale, Palotina, em 2013, sobre a soja RR cultivada no Estado do Paraná, e a utilização de herbicidas.

Para a segunda safra realizada nestes dois locais (Figuras 2 e 4), o ano agrícola apresentou características meteorológicas de acordo com as médias históricas das regiões. Assim, a cultura se desenvolveu normalmente.

Para o experimento III, que foi o primeiro experimento complementar realizado, como ele foi conduzido na mesma área que o experimento I, (safra 2011/12), e seu período no campo foi aproximadamente igual, são válidas para este as mesmas considerações feitas para o experimento I, na safra 2011/12.

Com relação ao experimento IV (complementar), conduzido em Piracicaba, aos dados meteorológicos levantados durante sua condução, e apresentados na Figura 5, demonstram regularidade hídrica e térmica durante o desenvolvimento do ensaio, proporcionando a cultura o seu desenvolvimento esperado.

No experimento V (experimento complementar realizado em duas safras), às condições meteorológicas verificadas nas Figuras 6 e 7, confirmam que estas foram muito parecidas com as encontradas para o experimento I (áreas experimentais próximas), em que, na primeira safra a cultura foi afetada de forma significativa, devido a menor precipitação em períodos críticos, e a segunda safra demonstrou normalidade.

4.1 Experimentos principais (I e II)

4.1.1 Experimento I safra 2011/2012

A partir das avaliações realizadas e análise estatística dos dados, para este experimento, nesta safra, com relação às variáveis, clorofila A (Tabela 2), clorofila total (Tabela 4), e massa de 100 sementes (Tabela 8), notou-se que houve somente algumas diferenças estatísticas entre os tratamentos, porém estas não estabeleceram um padrão definido de comportamento, que permitisse inferir a superioridade de uma formulação ou manejo, quando comparados entre si, dentro de cada dose. Já para as variáveis, clorofila B (Tabela 3), altura de plantas (Tabela 5), número de vagens por planta (Tabela 6), e produtividade (Tabela 7), não foram observadas diferenças ($P < 0,05$).

Tabela 2 – Teor de clorofila A (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Clorofila A				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	34,25 Aa	34,46 Aa	33,93 Aa	34,49 Aa	34,28
720	32,93 Aa	33,58 Aa	33,32 Aa	33,71 Aa	33,39
1440	33,89 Aa	33,41 Aa	33,75 Aa	32,90 Aa	33,49
2160	33,11 Ba	33,65 Aa	34,34 Aa	33,50 Aa	33,65
2880	33,99 Aa	33,43 Aa	32,99 Aa	33,42 Aa	33,46
Média	33,63	33,71	33,67	33,60	
	33,67		33,64		33,65
CV (%)	2,16				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 3 - Teor de clorofila B (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Clorofila B	Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2		M 1	M 2	
0	9,40	9,29		9,07	9,53	9,32
720	8,80	8,93		9,38	9,19	9,08
1440	8,94	8,62		9,30	8,95	8,95
2160	9,18	9,00		9,22	9,13	9,13
2880	9,05	8,67		8,58	9,44	8,94
Média	9,07	8,90		9,11	9,25	
	8,99			9,18		9,08
CV (%)	3,65					

¹Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 4 - Teor de clorofila total (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Clorofila Total				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	43,65 Aa	43,75 Aa	42,99 Aa	44,02 Aa	43,60
720	41,73 Aa	42,51 Aa	42,70 Aa	42,91 Aa	42,46
1440	42,83 Aa	42,03 Aa	43,05 Aa	41,84 Aa	42,44
2160	42,29 Aa	42,64 Aa	43,55 Aa	42,64 Aa	42,78
2880	43,04 Aa	42,10 Aa	41,56 Ba	42,85 Aa	42,39
Média	42,71	42,61	42,77	42,85	
	42,66		42,81		42,73
CV (%)	2,18				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 5 - Altura da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Altura (cm)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	88,63	88,25	83,88	88,50	87,31
720	90,44	87,38	89,69	87,50	88,75
1440	83,75	85,38	83,38	88,13	85,16
2160	86,63	89,63	85,94	83,44	86,41
2880	86,63	81,94	80,38	88,06	84,25
Média	87,21	86,51	84,65	87,13	
	86,86		85,89		86,38
CV (%)	3,75				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 6 - Número de vagens na soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Número de vagens por planta ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	27,06	27,63	27,06	28,25	27,50
720	26,00	26,88	25,19	28,25	26,58
1440	25,31	22,56	25,19	24,38	24,36
2160	22,50	23,38	25,31	22,13	23,33
2880	23,75	21,69	23,69	24,94	23,52
Média	24,92	24,43	25,29	25,59	
	24,68		25,44		25,06
CV (%)	14,55				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 7 - Produtividade da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	1.886,06	1.922,73	1.853,55	1.879,36	1.885,43
720	1.667,87	1.971,22	1.830,17	1.897,26	1.841,63
1440	1.766,70	1.774,14	1.923,79	1.735,38	1.800,00
2160	1.791,84	1.804,69	1.856,81	1.782,77	1.809,03
2880	1.882,38	2.059,13	1.771,09	1.803,19	1.878,95
Média	1.798,97	1.906,38	1.847,08	1.819,59	
	1.852,68		1.833,34		1.843,00
CV (%)	7,00				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 8 - Massa de 100 sementes da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Massa de 100 sementes (g)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	12,19 Ab	13,21 Aa	13,02 Aa	13,01 Aa	12,86
720	13,12 Aa	11,99 Ab	12,25 Aa	12,12 Aa	12,37
1440	12,87 Aa	12,78 Aa	12,58 Aa	12,66 Aa	12,72
2160	13,25 Aa	12,03 Ab	12,41 Aa	12,04 Aa	12,43
2880	13,28 Aa	13,02 Aa	12,64 Aa	12,37 Aa	12,83
Média	12,94	12,61	12,58	12,44	
	12,77		12,51		12,64
CV (%)	5,14				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Estes resultados demonstram que independente da modalidade de aplicação empregada (manejo), ou da formulação comercial escolhida, o efeito sobre a cultura foi semelhante, dentro de cada dose estudada.

Também foi avaliado o estande, para certificar que não houve variação deste entre os tratamentos. Tendo como resultando um estande médio de 13,5 plantas por metro.

Ressalta-se que neste experimento foi efetuada análise visual de fitointoxicação, mas sem incluir notas, pois não foram percebidos sintomas ou quaisquer outros efeitos significativos dos tratamentos aplicados, sobre a coloração e desenvolvimento das plantas.

Os desdobramentos das interações permitiram identificar efeitos significativos ($P < 0,05$), por meio da análise de regressão, para as variáveis, clorofila A (Figura 8), clorofila B (Figura 9), clorofila total (Figura 10), altura das plantas (Figura 11), número de vagens (Figura 12) e produtividade (Figura 13), em que, foi possível o ajuste de um modelo linear com efeito decrescente em função do aumento das doses. Já para variável massa de 100 sementes (Figura 14), foi ajustado um modelo linear com efeito crescente.

Figura 8 - Comportamento do teor de clorofila A (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e dentro do Manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Figura 9 - Comportamento do teor de clorofila B (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e dentro do Manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Figura 10 - Comportamento do teor de clorofila total (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Figura 11 - Comportamento da altura das plantas em função das doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Figura 12 - Comportamento do número de vagens por planta, em função das doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Figura 13 - Comportamento da produtividade, em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico). Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Figura 14 - Comportamento da massa de 100 sementes, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e manejo1 (aplicação única). Safra 2011/2012, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Foi detectada diminuição da produtividade com a elevação das doses de glyphosate, em que na Figura 13, foi ajustada a regressão para formulação Z, havendo uma resposta linear negativa para produtividade, com diminuição de 0,028 Kg de grãos (28 gramas) a cada g e.a. ha⁻¹ de glyphosate.

A diminuição da produtividade está correlacionada a danos causados a outras características da planta (CARVALHO et al., 2002), como teores de clorofila, altura, e número de vagens (Figuras 8, 9, 10, 11 e 12). Estas variáveis foram influenciadas pelos efeitos da elevação das doses de glyphosate.

A massa de sementes apresentou tendência diferente, pois com a redução do número de vagens, diminuiu-se o número de drenos potenciais, possibilitando o incremento na biomassa dos drenos remanescentes (ALBRECHT, A. J. P. et al., 2012).

Esse conjunto de informações denota que o aumento na dose de glyphosate, para esta safra, e variáveis analisadas, causou danos significativos a cultura, limitando seu desenvolvimento. Corroborando assim com várias pesquisas que relatam que o glyphosate pode gerar efeitos fitotóxicos, afetar a utilização da água, o processo fotossintético, o equilíbrio nutricional, o acúmulo de biomassa, a qualidade e composição das sementes e grãos produzidos (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007; ZOBIOLE et al. 2010a, 2010b, 2010c; ALBRECHT; ÁVILA, 2010; ALBRECHT, L. P. et al., 2011a, 2011b, 2012a, 2012b; ALBRECHT, A. J. P. et al., 2012; ALBRECHT;

BARROSO; ALBRECHT, 2013; ALONSO et al., 2013), e assim, consequentemente limitar o desempenho agrônômico da cultura.

No entanto, os resultados encontrados para estas condições não permitiram definir um comportamento significativo em função das diferentes formulações e manejos, verificando novamente a real importância da resposta da cultura a elevação nas doses aplicadas, e seus consequentes efeitos deletérios.

4.1.2 Experimento I safra 2012/2013

Mesmo com as condições favoráveis para o desenvolvimento da lavoura, nesta safra, a resposta da cultura, com relação às formulações e manejos aplicados, não foi muito distinta da safra anterior. Em que, para as variáveis: clorofila A (Tabela 9), clorofila total (Tabela 11), altura de plantas (Tabela 12) e número de vagens por planta (Tabela 13), não foram registradas diferenças ($P < 0,05$), dentro das doses.

Para clorofila B (Tabela 10), produtividade (Tabela 14), e massa de 100 sementes (Tabela 15), detectaram-se algumas diferenças estatísticas entre os tratamentos, porém estas novamente não estabeleceram um padrão de comportamento, que permitisse inferir efeitos deletérios de uma formulação ou manejo, quando comparados entre si, dentro de cada dose.

Tabela 9 - Teor de clorofila A (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Clorofila A ¹	Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2		M 1	M 2	
0	35,38	35,42		35,26	35,10	35,29
720	33,95	35,32		34,80	34,59	34,66
1440	35,89	34,71		35,27	34,01	34,97
2160	33,85	34,61		33,35	34,72	34,13
2880	33,95	34,92		33,91	34,28	34,26
Média	34,60	34,99		34,51	34,54	
	34,80			34,53		34,66
CV (%)	3.08					

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 10 - Teor de clorofila B (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Clorofila B				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	10,59 Ba	11,47 Aa	11,67 Aa	10,74 Aa	11,12
720	10,14 Ba	10,65 Aa	11,19 Aa	10,75 Aa	10,68
1440	10,92 Aa	10,84 Aa	10,53 Aa	10,35 Aa	10,66
2160	10,43 Aa	10,48 Aa	10,43 Aa	11,03 Aa	10,59
2880	10,65 Aa	10,43 Aa	10,64 Aa	10,68 Aa	10,60
Média	10,54	10,77	10,71	10,89	
	10,66		10,80		10,73
CV (%)	6,57				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 11 - Teor de clorofila total (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Clorofila Total ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	45,97	46,89	46,92	45,84	46,40
720	44,08	45,97	45,99	45,34	45,34
1440	46,80	45,55	45,80	44,36	45,63
2160	44,27	45,09	43,78	45,75	44,72
2880	44,60	45,34	44,55	44,96	44,86
Média	45,14	45,77	45,25	45,41	
	45,45		45,33		45,39
CV (%)	3,58				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 12 - Altura da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Sal Isopropilamina (R)						Sal Potássico (Z)	
Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Altura (cm) ¹						
	M 1	M 2	M 1	M 2	Média		
0	80,65	82,15	81,00	81,35	81,29		
720	81,30	79,30	79,00	79,95	79,89		
1440	83,90	81,15	80,80	80,10	81,49		
2160	82,75	80,20	78,05	80,00	80,25		
2880	79,15	82,30	81,05	82,15	81,16		
Média	81,55	81,02	79,98	80,71			
	81,29		80,35		80,82		
CV (%)	4.59						

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 13 - Número de vagens da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Número de vagens por planta ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	37,75	39,80	39,65	40,60	39,45
720	37,80	36,75	38,75	38,90	38,05
1440	39,55	37,90	37,30	38,10	38,21
2160	37,80	36,45	36,25	38,40	37,23
2880	34,95	38,10	37,30	40,05	37,60
Média	37,57	37,80	37,85	39,21	
	37,69		38,53		38,11
CV (%)	10,63				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 14 - Produtividade da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	3.257,42 Aa	3.252,99 Aa	3.140,65 Aa	3.049,37 Aa	3.175,11
720	3.206,80 Aa	3.247,41 Aa	3.142,18 Aa	2.767,01 Bb	3.090,85
1440	3.097,87 Aa	3.181,35 Aa	2.853,20 Aa	3.087,19 Aa	3.054,90
2160	2.957,62 Aa	2.978,42 Aa	3.142,59 Aa	2.839,01 Aa	2.979,41
2880	3.283,63 Aa	2.955,30 Aa	3.038,61 Aa	2.832,95 Aa	3.027,62
Média	3.160,67	3.123,09	3.063,45	2.915,11	
	3.141,88		2.989,28		3.065,58
CV (%)	8,58				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 15 - Massa de 100 sementes da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Massa de 100 sementes (g)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	17,60 Aa	17,42 Aa	17,78 Aa	17,29 Aa	17,52
720	17,48 Aa	17,06 Aa	17,23 Aa	17,52 Aa	17,32
1440	17,23 Aa	17,40 Aa	17,72 Aa	17,17 Aa	17,38
2160	17,32 Aa	17,44 Aa	17,64 Aa	17,71 Aa	17,53
2880	16,81 Ba	17,11 Aa	17,52 Aa	17,63 Aa	17,27
Média	17,29	17,29	17,58	17,46	
	17,29		17,52		17,40
CV (%)	2,41				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

O estande foi avaliado, para atestar que não variou entre os tratamentos, tendo como resultando um valor médio de 11 plantas por metro. E como novamente

não foram visualizados efeitos significativos de fitointoxicação na cultura, esta avaliação não foi levada em consideração.

Com a análise de regressão para as doses utilizadas, dentro dos desdobramentos, registraram-se efeitos significativos ($P < 0,05$), para as variáveis, teor de clorofila A (Figura 15), teor de clorofila B (Figura 16), teor de clorofila total (Figura 17), produtividade (Figura 18) e massa de 100 sementes (Figura 19), em que, foi alcançado o ajuste de um modelo linear com efeito negativo, em função do incremento das doses, para todos estes caracteres.

Figura 15 - Comportamento do teor de clorofila A (Falkel), em função das doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Figura 16 - Comportamento do teor de clorofila B (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico), dentro do Manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Figura 17 - Comportamento do teor de clorofila total (Falker), em função das doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Figura 18 - Comportamento da produtividade, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand – PR

Figura 19 - Comportamento da massa de 100 sementes, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e manejo1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento I, Assis Chateaubriand - PR

Neste ano as produtividades médias foram de acordo com a média regional, dentro de uma escala histórica, mas fazendo um paralelo com o primeiro ano, foi registrada uma analogia entre os resultados.

Novamente foi explícita a diminuição da produtividade com a elevação das doses de glyphosate, em que, foi ajustado a regressão para formulação R, dentro do

manejo 2 (Figura 18), havendo resposta linear com efeito decrescente, com diminuição de 0,120 Kg de grãos (120 gramas) a cada g e.a. ha⁻¹ de glyphosate.

Como no ano 1, houve efeito do glyphosate sobre os teores de clorofilas, corroborando com resultados de Reddy, Rimando e Duke (2004), esse efeito foi notado com o aumento das doses, porém não foi identificadas consequências externas significativas, quanto a fitointoxicação (avaliação visual). Observa-se também que nesse ano a massa de 100 sementes diminuiu, e não ocorreu efeito no número de vagens, assim, a variável correlata com a produtividade que decresceu, foi neste caso a massa das sementes.

Provavelmente, em função da combinação de estresse hídrico somado ao estresse xenobiótico (glyphosate ou o AMPA), as variáveis altura e número de vagens, foram mais afetadas no 1º ano. Como nesse 2º ano a soja se desenvolveu em um clima mais favorável, os efeitos fisiológicos do glyphosate se pronunciaram novamente, porém sem comprometer altura e vagens, mas afetaram possivelmente o aparato fotossintético (ZOBIOLE et al., 2010b, 2010c), diminuindo os teores de clorofila (Figuras 15, 16 e 17), e assim a fotossíntese líquida ($FL=FB-(RS+FR)$), e por consequência, o acúmulo de biomassa em órgão de interesse agrônomo, afetando a massa de cem sementes (Figura 19).

4.1.3 Experimento II safra 2011/2012

Para este experimento, nesta primeira safra, a partir da análise das variáveis, clorofila total (Tabela 18) e altura (Tabela 19), verificou-se que houve algumas diferenças estatísticas entre os tratamentos, porém estas não manifestaram um comportamento que justificasse concluir que uma formulação ou manejo prejudicou a cultura, de forma significativa, isso quando comparados entre si, dentro de cada dose. Já para as variáveis: clorofila A (Tabela 16), clorofila B (Tabela 17), número de vagens por planta (Tabela 20), massa de 100 sementes (Tabela 22), e produtividade (Tabela 21), não foram observadas diferenças ($P<0,05$).

Tabela 16 - Teor de clorofila A (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Clorofila A ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	31,91	32,10	31,38	31,26	31,66
720	31,61	32,44	31,28	32,13	31,86
1440	31,73	32,19	31,82	32,04	31,95
2160	31,25	31,34	31,39	31,34	31,33
2880	31,85	30,91	31,97	31,00	31,43
Média	31,67	31,80	31,57	31,55	
	31,74		31,56		31,65
CV (%)	2,39				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 17 - Teor de clorofila B (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Clorofila B ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	9,50	9,26	9,13	9,21	9,27
720	8,87	9,41	8,92	9,33	9,13
1440	8,94	9,53	8,83	9,55	9,21
2160	8,92	8,79	8,69	9,11	8,88
2880	9,31	8,57	8,69	8,65	8,80
Média	9,11	9,11	8,85	9,17	
	9,11		9,01		9,06
CV (%)	6.05				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 18 - Teor de clorofila total (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Clorofila total				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	41,43 Aa	41,35 Aa	40,51 Aa	40,46 Aa	40,94
720	40,47 Aa	41,85 Aa	40,20 Aa	41,45 Aa	40,99
1440	40,67 Aa	41,72 Aa	40,65 Aa	41,59 Aa	41,15
2160	40,17 Aa	40,13 Aa	40,08 Aa	40,45 Aa	40,21
2880	41,16 Aa	39,47 Ab	40,66 Aa	39,65 Aa	40,23
Média	40,78	40,90	40,42	40,72	
	40,84		40,57		40,70
CV (%)	2,64				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 19 - Altura da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/12, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Altura (cm)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	35,92 Aa	36,13 Aa	37,04 Aa	36,58 Aa	36,42
720	36,88 Aa	35,13 Ba	37,63 Aa	38,75 Aa	37,09
1440	36,54 Aa	35,29 Aa	37,50 Aa	36,38 Aa	36,43
2160	37,21 Aa	34,87 Aa	34,67 Aa	34,25 Aa	35,25
2880	37,08 Aa	36,63 Aa	36,92 Aa	37,04 Aa	36,92
Média	36,72	35,61	36,75	36,60	
	36,17		36,68		36,42
CV (%)	5,27				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 20 - Número de vagens da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Número de vagens por planta ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	13,79	14,38	12,92	13,58	13,67
720	13,54	14,46	12,38	13,25	13,41
1440	14,08	14,25	13,50	14,79	14,16
2160	14,42	14,42	14,79	13,50	14,28
2880	15,09	14,58	14,34	13,54	14,39
Média	14,18	14,42	13,58	13,73	
	14,30		13,66		13,98
CV (%)	11,34				

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 21 - Produtividade da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Produtividade (kg ha ⁻¹) ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	1.030,70	961,13	903,61	1.021,37	979,20
720	956,78	996,18	941,58	1.037,67	983,05
1440	914,62	975,44	993,62	1.047,09	982,69
2160	984,81	955,40	972,77	975,20	972,04
2880	961,02	890,51	1.012,87	909,73	943,53
Média	969,59	955,73	964,89	998,21	
	962,66		981,55		972,10
CV (%)	11,26				

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 22 - Massa de 100 sementes da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Massa de 100 sementes (g)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	17,71	17,50	17,72	18,15	17,77
720	17,68	18,03	17,34	18,59	17,91
1440	17,84	17,40	18,03	17,50	17,69
2160	17,76	17,73	17,47	16,91	17,47
2880	17,76	17,19	16,90	17,98	17,46
Média	17,75	17,57	17,49	17,82	
	17,66		17,66		17,66
CV (%)	3.64				

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

O estande foi avaliado também, para afirmar que não variou entre os tratamentos, tendo como resultando um valor médio de 8,5 plantas por metro.

Cabe destacar que neste experimento foi efetuada análise visual de fitointoxicação, porém sem computar notas novamente, devido a ausência de sintomas perceptíveis visualmente.

Outra vez a análise de regressão para as doses demonstrou efeitos significativos ($P < 0,05$), para as variáveis, clorofila A (Figura 20), clorofila B (Figura 21), clorofila total (Figura 22), produtividade (Figura 23) e massa de 100 sementes (Figura 24), permitindo a adequação de um modelo linear com efeito decrescente, em função do acréscimo das doses de glyphosate.

Figura 20 - Comportamento do teor de clorofila A (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Figura 21 - Comportamento do teor de clorofila B (Falker), em função das doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Figura 22 - Comportamento do teor de clorofila total (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Figura 23 - Comportamento da produtividade, em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2011/2012, experimento II, Marialva-PR

Figura 24 - Comportamento da massa de 100 sementes, em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico). Safra 2011/2012, experimento II, Marialva - PR

Chama atenção o fato da ocorrência de respostas parecidas entre os resultados nos dois locais, para esta safra, assim são válidas para este experimento algumas considerações já feitas. Destaca-se mais uma vez, o decréscimo significativo de produtividade, com a elevação das doses de glyphosate, neste caso na formulação Z e manejo 1 (Figura 23), sendo registrada uma diminuição de 0,0397 Kg de grãos (39,7 gramas), a cada g e.a. ha⁻¹ de glyphosate adicionada, estando este efeito ligado a redução na massa das sementes (Figura 24).

4.1.4 Experimento II safra 2012/2013

Mas mesmo com as condições meteorológicas distintas da primeira safra, a resposta da cultura, com relação às formulações e manejos aplicados, não foi muito diferente da safra anterior, não sendo pronunciados resultados que pudessem afirmar que um produto ou manejo cause maiores ou menores efeitos deletérios a cultura (Tabelas 24, 26 e 29), ($P < 0,05$), mesmo para as variáveis em que foram notadas algumas diferenças estatísticas (Tabelas 23, 25, 27 e 28).

Tabela 23 - Teor de clorofila A (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	32,81 Aa	32,44 Aa	33,53 Aa	32,36 Aa	32,78
720	33,25 Aa	32,26 Aa	31,47 Aa	32,42 Aa	32,35
1440	32,75 Aa	31,02 Aa	32,23 Aa	31,88 Aa	31,97
2160	32,04 Aa	31,12 Aa	30,59 Aa	30,39 Aa	31,03
2880	30,04 Aa	29,14 Ba	30,88 Aa	31,49 Aa	30,39
Média	32,18	31,19	31,74	31,71	
	31,68		31,72		31,70
CV (%)	4,68				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 24 - Teor de clorofila B (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	8,20	8,76	8,46	8,28	8,43
720	8,04	8,54	7,82	8,18	8,14
1440	8,24	8,04	7,96	7,88	8,03
2160	7,73	7,25	7,17	6,80	7,24
2880	7,14	6,64	7,09	7,22	7,02
Média	7,87	7,85	7,70	7,67	
	7,69		7,86		7,77
CV (%)	7,04				

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 25 - Teor de clorofila total (Falker) da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Clorofila total				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	41,01 Aa	41,21 Aa	41,99 Aa	40,64 Aa	41,21
720	41,29 Aa	40,79 Aa	39,29 Aa	40,59 Aa	40,49
1440	40,99 Aa	39,06 Aa	40,18 Aa	39,76 Aa	40,00
2160	39,77 Aa	38,37 Aa	37,77 Aa	37,19 Aa	38,27
2880	37,18 Aa	35,78 Ba	37,97 Aa	38,72 Aa	37,41
Média	40,05	39,04	39,44	39,38	
	39,54		39,41		39,48
CV (%)	4.68				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 26 - Altura da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/13, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Altura (cm)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	85,95	84,15	87,35	84,20	85,41
720	84,55	82,45	86,55	84,60	84,54
1440	82,70	81,50	85,75	88,50	84,61
2160	83,75	81,30	83,80	83,65	83,13
2880	80,40	83,20	83,85	85,05	83,13
Média	83,47	82,52	85,46	85,20	
	82,99		85,33		84,16
CV (%)	5.66				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 27 - Número de vagens da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Número de vagens por planta				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	30,70 Aa	31,60 Aa	32,85 Aa	31,70 Aa	31,71
720	30,65 Aa	31,70 Aa	31,85 Aa	31,85 Aa	31,51
1440	32,45 Aa	33,00 Aa	32,25 Aa	32,90 Aa	32,65
2160	31,25 Aa	29,05 Ba	30,75 Aa	32,75 Aa	30,95
2880	30,75 Aa	31,90 Aa	30,60 Ab	34,45 Aa	31,93
Média	31,16	31,45	31,66	32,73	
	31,31		32,20		31,75
CV (%)	7.69				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 28 - Produtividade da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Produtividade (kg ha ⁻¹)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	3.843,51 Aa	3.634,80 Aa	3.745,07 Aa	3.833,50 Aa	3.764,22
720	3.583,66 Ab	3.996,49 Aa	3.859,52 Aa	3.793,84 Aa	3.808,38
1440	3.971,09 Aa	3.795,36 Aa	4.025,80 Aa	3.982,16 Aa	3.943,60
2160	3.692,32 Aa	4.004,31 Aa	3.502,91 Ab	3.937,71 Aa	3.784,31
2880	3.879,27 Aa	3.864,28 Aa	3.956,64 Aa	3.683,97 Aa	3.846,04
Média	3.793,97	3.859,05	3.817,99	3.846,24	
	3.826,51		3.832,11		3.829,31
CV (%)	7.12				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 29 - Massa de 100 sementes da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Massa de 100 sementes (g) ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	18,80	18,62	19,04	18,74	18,80
720	18,66	18,30	18,59	18,51	18,52
1440	18,67	18,53	18,99	18,98	18,79
2160	18,60	18,71	18,36	18,50	18,54
2880	18,68	18,84	18,84	18,67	18,76
Média	18,68	18,60	18,76	18,68	
	18,64		18,72		18,68
CV (%)	3.39				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

O estande foi avaliado novamente, para certificar que não houve variações deste entre os tratamentos, tendo como resultando o valor médio de 15 plantas por metro.

Como neste experimento foram visualizados efeitos significativos de fitointoxicação na cultura, esta avaliação foi realizada primeiramente aos 10 dias após a aplicação (D.A.A.) do manejo 1 e da primeira aplicação referente ao manejo 2 (Tabela 30), esta avaliação ocorreu momentos antes da segunda aplicação do manejo 2. Na sequência, esta variável foi avaliada aos 7 (Tabela 31), 14 (Tabela 32), e 21 (Tabela 33), dias após a segunda aplicação para o manejo 2.

Cabe destacar que para os dados oriundos das avaliações de fitointoxicação, foi necessário utilizar opção de transformações dos dados: $(X+1)^{0,5}$.

Tabela 30 - Fitointoxicação aos 10 dias após a aplicação do manejo 1 e primeira aplicação do manejo 2, na soja RR. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Fitointoxicação (%)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00
720	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00
1440	4,00 Ba	5,00 Ba	0,00 Aa	0,00 Aa	2,25
2160	12,50 Ba	10,00 Ba	2,25 Ab	0,00 Aa	6,19
2880	17,50 Ba	15,00 Ba	5,75 Ab	3,25 Aa	10,38
Média	6,80	6,00	1,60	0,65	
	6,40		1,13		3,76
CV (%)	15,56				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 31 - Fitointoxicação aos 7 dias após a segunda aplicação do manejo 2, na soja RR. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Fitointoxicação (%)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00
720	1,50 Aa	1,50 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,75
1440	5,25 Aa	5,75 Aa	5,00 Aa	4,00 Aa	5,00
2160	12,50 Ab	7,50 Aa	8,75 Aa	8,75 Aa	9,38
2880	17,50 Aa	13,75 Aa	15,00 Aa	16,25 Aa	15,63
Média	7,35	5,70	5,75	5,80	
	6,53		5,78		6,15
CV (%)	19,47				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 32 - Fitointoxicação aos 14 dias após a segunda aplicação do manejo 2, na soja RR. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Fitointoxicação (%)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00
720	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00
1440	3,00 Ba	3,00 Ba	0,00 Aa	0,75 Aa	1,69
2160	4,00 Aa	3,50 Aa	4,50 Aa	4,00 Aa	4,00
2880	6,75 Ab	4,50 Aa	8,00 Ab	6,00 Ba	6,31
Média	2,75	2,20	2,50	2,15	
	2,48		2,33		2,40
CV (%)	12,87				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 33 - Fitointoxicação aos 21 dias após a segunda aplicação do manejo 2, na soja RR. Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Fitointoxicação (%)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00
720	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,00
1440	0,00 Aa	0,25 Aa	0,00 Aa	0,00 Aa	0,06
2160	1,00 Aa	1,00 Aa	0,75 Aa	0,75 Aa	0,88
2880	2,75 Ab	0,75 Aa	2,00 Aa	1,50 Ba	1,75
Média	0,75	0,40	0,55	0,45	
	0,58		0,50		0,54
CV (%)	15,58				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Aos 28 dias após a segunda aplicação (manejo 2), não foi mais observada fitointoxicação significativa nas plantas, desta forma não foram realizadas mais avaliações.

Para a primeira avaliação de fitointoxicação (Tabela 30), foi identificada que a formulação R causou maiores danos a cultura, e que no manejo 1, principalmente na formulação Z, foi visualizada a ocorrência de maiores injúrias. Já para as outras avaliações de fitointoxicação (Tabelas 31, 32 e 33) não foram notadas evidências claras quanto a uma tendência padrão para os resultados, que pudesse estar ligada ao efeito das formulações e manejos, dentro de cada dose.

Os desdobramentos das interações permitiram identificar efeitos significativos ($P < 0,05$), por meio da análise de regressão, para as variáveis, clorofila A (Figuras 25 e 26), clorofila B (Figuras 27 e 28), clorofila total (Figuras 29 e 30), e altura das plantas (Figura 31), em que, para estas variáveis foi ajustado um modelo linear com efeito negativo em função da elevação das doses. Já para as avaliações de fitointoxicação (Figuras 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39), neste experimento, foi possível ajustar um modelo linear com efeito positivo em função do aumento das doses.

Figura 25 - Comportamento do teor de clorofila A (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e Z (sal potássico), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Figura 26 - Comportamento do teor de clorofila A (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico), dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Figura 27 - Comportamento do teor de clorofila B (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), e Z (sal potássico), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Figura 28 - Comportamento do teor de clorofila B (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina) e Z (sal potássico), dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Figura 29 - Comportamento do teor de clorofila total (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina) e Z (sal potássico), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Figura 30 - Comportamento do teor de clorofila total (Falker), em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina) e Z (sal potássico), dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Figura 31 - Comportamento da altura, em função das doses de glyphosate, no manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva - PR

Figura 32 - Fitointoxicação das plantas, 10 dias após a aplicação do manejo 1 e da primeira aplicação do manejo 2, em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina), e Z (sal potássico), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013

Figura 33 - Fitointoxicação das plantas, 10 dias após a aplicação do manejo 1 e da primeira aplicação do manejo 2, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva-PR

Figura 34 - Fitointoxicação das plantas, 7 dias após a segunda aplicação do manejo 2, em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina) e Z (sal potássico), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva – PR

Figura 35 - Fitointoxicação das plantas, 7 dias após a segunda aplicação do manejo 2, em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina) e Z (sal potássico), dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva, PR

Figura 36 - Fitointoxicação das plantas, 14 dias após a segunda aplicação do manejo 2, em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina), e Z (sal potássico), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva-PR

Figura 37 - Fitointoxicação das plantas, 14 dias após a segunda aplicação do manejo 2, em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina), e Z (sal potássico), dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva-PR

Figura 38 - Fitointoxicação das plantas, 21 dias após a segunda aplicação do manejo 2, em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina), e (sal potássico) Z, dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva -PR

Figura 39 - Fitointoxicação das plantas, 21 dias após a segunda aplicação do manejo 2, em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina), e Z (sal potássico), dentro do manejo 2 (aplicação sequencial). Safra 2012/2013, experimento II, Marialva-PR

Para esse local e ano não foi possível ser ajustado um modelo significativo para produtividade. Porém merece grande atenção o fato que as condições ambientais para esse local e ano permitiram detecção visual dos sintomas de fitointoxicação, que até então, nos experimentos detalhados anteriormente, ficaram latentes. Mas essa constatação não foi aliada a verificação na diminuição da produtividade, por outro lado, foi acompanhada pelo efeito negativo em outros caracteres, como na altura das plantas (Figura 31), apontado para injúrias que potencialmente afetariam o desempenho agrônomo (como retratado em outros locais e anos).

É interessante observar a relação inversamente proporcional entre a diminuição dos teores de clorofila (Figuras 25, 26, 27, 28, 29 e 30), e o aumento da fitointoxicação (yellow flashing) visualizada na cultura (Figuras 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39). Este sintoma indesejável na soja RR pode estar relacionado ao acúmulo de AMPA, que é o primeiro metabólito fitotóxico do glyphosate (REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004), e em condições de baixa luminosidade poderia apresentar fitointoxicação potencializada, mas esta é apenas uma suposição e necessita de maiores estudos direcionados neste sentido.

Ressalta-se que a fitointoxicação foi significativa em praticamente todos os desdobramentos realizados, nas diferentes avaliações feitas, estando estas respostas fisiológicas de acordo com resultados encontrados por Zobiole et al.

(2011), que demonstraram que a taxa fotossintética e a clorofila apresentaram decréscimos proporcionais às doses de glyphosate aplicadas, e devido a estes decréscimos e à provável imobilização de nutrientes nos tecidos foliares, causada pelo glyphosate, foi observada menor produção de biomassa.

4.2 Experimentos complementares

4.2.1 Experimento III safra 2011/2012

Neste experimento foram avaliados os componentes de produção, altura (Tabela 34), número de vagens por planta (Tabela 35), produtividade (Tabela 36), e massa de 100 sementes (Tabela 37), que também foram analisados nos experimentos principais. Teve como objetivo fundamental ampliar o escopo da pesquisa e auxiliar na compreensão dos resultados alcançados, contemplando o uso de outro genótipo, porém mantendo o arranjo fatorial dos experimentos principais.

Tabela 34 - Altura da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento III, Assis Chateaubriand - PR

Doses de glyphosate: Samba 2011/2012, Experimento III, Assis Chateaudiana - PR					
Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	65,94	61,75	64,13	60,94	63,19
720	64,31	61,31	61,94	62,75	62,58
1440	63,19	64,69	59,50	58,63	61,50
2160	63,63	58,88	64,19	56,56	60,81
2880	59,50	58,44	62,63	57,63	59,55
Média	63,31	61,01	62,48	59,30	
	62,16		60,89		61,53
CV (%)	6,01				

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 35 - Número de vagens da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento III, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Número de vagens por planta				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	21,00 Aa	20,13 Aa	21,00 Aa	21,31 Aa	20,86
720	23,25 Aa	17,50 Ab	21,13 Aa	19,88 Aa	20,44
1440	18,88 Aa	19,38 Aa	19,81 Aa	21,38 Aa	19,86
2160	18,38 Aa	16,19 Ba	21,06 Aa	20,94 Aa	19,14
2880	18,50 Aa	21,63 Aa	20,63 Aa	20,31 Aa	20,27
Média	20,00	18,96	20,73	20,76	
	19,48		20,74		20,11
CV (%)	11,18				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 36 - Produtividade da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate, Safra 2011/2012, experimento III, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g,e,a, ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Produtividade (kg ha ⁻¹) ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	1.399,11 Aa	1.157,56 Ab	1.296,69 Aa	1.108,55 Aa	1.240,48
720	1.213,34 Aa	1.174,63 Aa	1.128,65 Aa	1.115,14 Aa	1.157,94
1440	1.156,27 Aa	1.206,60 Aa	1.113,02 Aa	1.186,43 Aa	1.165,58
2160	1.178,46 Aa	1.203,51 Aa	1.214,28 Aa	1.127,77 Aa	1.181,01
2880	1.116,64 Aa	1.074,76 Aa	1.169,72 Aa	1.027,46 Aa	1.097,14
Média	1.212,76	1.163,41	1.184,47	1.113,07	
	1.188,09		1.148,77		1.168,43
CV (%)	13,81				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 37 - Massa de 100 sementes da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento III, Assis Chateaubriand - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Massa de 100 sementes (g)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	15,20 Aa	15,45 Aa	14,63 Aa	14,46 Aa	14,94
720	14,53 Aa	14,63 Aa	14,81 Aa	15,64 Aa	14,90
1440	15,30 Ba	13,78 Ab	13,71 Aa	14,78 Aa	14,39
2160	13,77 Ab	14,97 Aa	14,26 Aa	14,77 Aa	14,44
2880	14,89 Aa	14,61 Aa	15,24 Aa	15,70 Aa	15,11
Média	14,74	14,69	14,53	15,07	
	14,71		14,80		14,76
CV (%)	5,37				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Levando em consideração que a cultivar empregada neste ensaio apresenta características distintas da cultivar utilizada nos dois experimentos principais, e mesmo com os resultados de algumas variáveis demonstrando diferenças estatísticas ($P < 0,05$), (Tabelas, 35, 36 e 37), o comportamento foi semelhante ao visualizado nos experimentos principais. Assim, não foi possível indicar que uma das formulações ou manejos adotados alterou o desempenho da cultura, dentro de cada dose trabalhada.

O estande foi avaliado, a fim de comprovar que não variou entre os tratamentos, tendo como resultando um valor médio de 10 plantas por metro.

Cabe destacar que neste experimento foi efetuada análise visual de fitointoxicação, porém sem computar notas novamente, devido a ausência de sintomas visuais perceptíveis.

A análise de regressão, para os desdobramentos realizados neste experimento, permitiu identificar efeito significativo ($P < 0,05$), para as variáveis, altura das plantas (Figura 40), número de vagens (Figura 41) e produtividade (Figura 42), em que, para estas foi ajustado mais uma vez um modelo linear com efeito decrescente, em função do aumento das doses de glyphosate.

Figura 40 - Comportamento da altura das plantas em função das doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento III, Assis Chateaubriand - PR

Figura 41 - Comportamento do número de vagens por planta, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2011/2012, experimento III, Assis Chateaubriand - PR

Figura 42 - Comportamento da produtividade, em função das doses de glyphosate, na formulação R (sal isopropilamina), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2011/2012, experimento III, Assis Chateaubriand - PR

Este experimento complementar também segue uma linha de comportamento próxima aos experimentos principais, no que se refere ao efeito das doses crescentes aplicadas sobre a cultura. Mais uma vez, houve diminuição significativa de produtividade, com o acréscimo das doses de glyphosate, neste caso na

formulação R e manejo 1 (Figura 42), sendo registrada uma diminuição de 0,0833 Kg de grãos (83,3 gramas), a cada g e.a. ha⁻¹ de glyphosate, estando este efeito correlacionado diretamente a redução do número de vagens (Figura 41), detectada na mesma formulação e manejo, que por sua vez se correlaciona com a diminuição da altura das plantas (Figura 40).

4.2.2 Experimento IV safra 2012/2013

Como no primeiro experimento complementar, neste também foram avaliados os componentes de produção, altura (Tabela 38), número de vagens por planta (Tabela 39), produtividade (Tabela 40), e massa de 100 sementes (Tabela 41). Teve como objetivo essencial melhorar a compreensão dos resultados alcançados, pois as condições edafoclimáticas encontradas nesta região são distintas das encontradas nas áreas conduzidas no Paraná.

Tabela 38 - Altura da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento IV, Piracicaba - SP

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Altura (cm)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	90,80 Aa	89,10 Ba	95,95 Aa	97,20 Aa	93,26
720	98,30 Aa	95,50 Aa	93,90 Aa	93,40 Aa	95,29
1440	91,10 Ba	95,70 Aa	96,60 Aa	92,95 Ba	94,09
2160	96,45 Aa	95,15 Aa	92,10 Aa	93,30 Aa	94,25
2880	94,10 Aa	92,80 Aa	96,60 Aa	94,45 Aa	94,49
Média	94,15	93,66	95,03	94,26	
	93,91		94,65		94,28
CV (%)	4,00				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 39 - Número de vagens da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento IV, Piracicaba - SP

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Número de vagens por planta ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	70,55	69,25	74,10	71,85	71,44
720	72,35	70,00	65,70	70,05	69,53
1440	66,10	70,70	62,20	67,15	66,54
2160	71,20	70,15	67,10	66,10	68,64
2880	71,35	67,80	65,50	62,70	66,84
Média	70,31	69,58	66,92	67,57	
	69,95		67,25		68,60
CV (%)	8,89				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 40 - Produtividade da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate, Safra 2012/2013, experimento IV, Piracicaba - SP

Doses (g,e,a, ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Produtividade (kg ha ⁻¹) ¹				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	3.646,16	3.389,42	3.718,06	3.665,91	3.604,89
720	3.608,91	3.690,59	3.488,63	3.837,85	3.656,50
1440	3.619,55	3.650,15	3.808,23	3.822,53	3.725,11
2160	3.609,35	3.755,55	3.493,23	3.717,39	3.643,88
2880	3.570,54	3.622,94	3.766,75	3.742,89	3.675,78
Média	3.610,90	3.621,73	3.654,98	3.757,31	
	3.616,32		3.706,15		3.661,23
CV (%)	9,24				

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Tabela 41 - Massa de 100 sementes da soja RR, submetida à aplicação de dois manejos, duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento IV, Piracicaba - SP

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Sal Isopropilamina (R)		Sal Potássico (Z)		Média
	Massa de 100 sementes (g)				
	M 1	M 2	M 1	M 2	
0	15,75 Aa	15,72 Aa	16,22 Aa	15,67 Aa	15,84
720	14,55 Aa	16,28 Aa	15,87 Aa	15,55 Aa	15,82
1440	15,50 Aa	15,95 Aa	16,26 Aa	15,36 Ab	15,77
2160	16,10 Aa	15,61 Aa	15,69 Aa	15,46 Aa	15,72
2880	16,27 Aa	15,74 Aa	15,37 Ba	16,12 Aa	15,87
Média	15,83	15,86	15,88	15,63	
	15,85		15,76		15,80
CV (%)	3.50				

Letras maiúsculas iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada manejo e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F. Letras minúsculas iguais na linha, entre manejo (aplicação única - M1 e aplicação sequencial - M2) dentro de cada formulação e dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$), pelo teste F.

Os resultados levantados neste experimento apoiaram os demais resultados encontrados até então, pois não foram detectadas diferenças estatísticas ($P<0,05$), que pudessem compor um padrão de resposta, com relação aos manejos e formulações, dentro de cada uma das doses estudadas. O estande não variou entre

os tratamentos, tendo um valor médio de 8 plantas por metro. E foi efetuada a análise visual de fitointoxicação, porém sem computar notas, devido a ausência de sintomas visuais.

A partir dos resultados da análise de regressão, para os desdobramentos realizados neste experimento, foi confirmado efeito significativo ($P < 0,05$), para as variáveis número de vagens (Figura 43) e massa de 100 sementes (Figura 44), em que, para as duas variáveis foram estabelecidas outra vez, um modelo linear com efeito decrescente, em função do incremento das doses de glyphosate.

Figura 43 - Comportamento do número de vagens por planta, em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico). Safra 2012/2013, experimento IV, Piracicaba – SP

Figura 44 - Comportamento da massa de 100 sementes, em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico), dentro do manejo 1 (aplicação única). Safra 2012/2013, experimento IV, Piracicaba - SP

Os resultados deste segundo experimento complementar continuam apoiando o comportamento expressado nos experimentos principais. Pois apesar da produtividade não ter apresentado efeito significativo ($P < 0,05$), variáveis correlacionáveis a produtividade e determinantes como componentes de produção, indicaram prejuízos sobre o desempenho agrônomo.

Algumas variações de comportamento neste experimento podem ser explicadas principalmente pela utilização de um genótipo diferente, em condições ambientais totalmente distintas, corroborando com Zablotowicz e Reddy (2004), que salientam que as respostas fisiológicas ao glyphosate, podem variar de acordo com a localização, classe de solo, condições ambientais, entre outros fatores.

4.2.3 Experimento V safra 2011/2012

Este foi o principal experimento complementar realizado, conduzido por duas safras (2011/12 e 2012/13), e utilizando cultivar igual ao dos dois experimentos fundamentais. Este foi diferente dos demais experimentos pelo fato da aplicação dos tratamentos ter ocorrido no início do período reprodutivo da planta, ou seja, no estágio R1 (FEHR et al., 1971).

Objetivando-se com esta aplicação no início do florescimento (R1), simular situações que ocorrem esporadicamente no campo, em que o produtor perde o ponto recomendado da aplicação, ou opta por realizar uma aplicação mais tardia para controlar plantas daninhas remanescentes. E com este momento tardio da aplicação, consequentemente seus efeitos na cultura podem ser distintos.

Devido a aplicação tardia, foi utilizada a dose completa dos dois produtos em aplicação única, assim para estes experimentos não foi estudado o fator manejo.

Mas mesmo com esta aplicação diferenciada, os resultados alcançados permitem pressupor respostas parecidas as observadas nos demais experimentos discutidos até aqui, não havendo um padrão claro do efetivo comportamento das formulações dentro de cada dose, para as variáveis altura (Tabela 42), número de vagens por planta (Tabela 43), produtividade (Tabela 44) e massa de 100 sementes (Tabela 45).

Tabela 42 - Altura da soja RR, submetida à aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/12, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Altura (cm)		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	91,19 A	89,31 A	90,25
720	87,19 A	87,50 A	87,34
1440	89,88 A	89,31 A	89,59
2160	92,63 A	85,38 B	89,00
2880	84,88 A	83,44 A	84,16
Média	89,15	86,99	88,07
CV (%)	4,09		

Letras iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada dose, não diferem significativamente entre si ($P < 0,05$) pelo teste F.

Tabela 43 - Número de vagens da soja RR, submetida à aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Número de vagens por planta ¹		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	28,31	34,13	31,22
720	32,44	29,25	30,84
1440	33,06	26,38	29,72
2160	29,63	30,94	30,28
2880	30,44	28,31	29,38
Média	30,78	29,80	30,29
CV (%)	17,85		

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 44 - Produtividade da soja RR, submetida à aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹) ¹		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	1.143,14	1.201,02	1.172,08
720	1.176,16	1.191,84	1.184,00
1440	1.139,20	1.198,62	1.168,91
2160	1.168,54	1.041,35	1.104,95
2880	1.185,76	1.090,07	1.137,92
Média	1.162,56	1.144,58	1.153,57
CV (%)	12,16		

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 45 - Massa de 100 sementes da soja RR, submetida à aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2011/2012, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Massa de 100 sementes (g) ¹		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	7,97	8,19	8,08
720	8,11	8,01	8,06
1440	8,08	8,11	8,09
2160	8,14	8,31	8,22
2880	8,38	8,29	8,34
Média	8,14	8,18	8,16
CV (%)	5,04		

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Como em todos os experimentos realizados na safra 2011/12, novamente não foi verificada fitointoxicação neste ensaio, devido à falta de efeitos visuais significativos. E o estande médio foi de 10 plantas por metro, não apresentando variação entre os tratamentos.

A análise de regressão para este experimento reforçou as tendências verificadas nos experimentos anteriores, mesmo levando em consideração que neste caso a aplicação dos tratamentos ocorreu de forma diferenciada, em um estágio mais avançado de desenvolvimento da lavoura. Assim, outra vez foi constatado efeito significativo ($P < 0,05$), e ajustado um modelo linear com efeito negativo, em função do acréscimo das doses de glyphosate, neste caso para as variáveis, altura de planta (Figura 45) e produtividade (Figura 46).

Figura 45 - Comportamento da altura das plantas em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico). Safra 2011/2012, experimento V, Palotina - PR

Figura 46 - Comportamento da produtividade em função das doses de glyphosate, na formulação Z (sal potássico). Safra 2011/2012, experimento V, Palotina - PR

Para esta primeira safra deste experimento, as baixas produtividades, ocorreram devido as condições adversas enfrentadas pela cultura, que também foram encontradas nos outros ensaio instalados neste ano agrícola, e já foram discutidas.

É importante observar que nas regressões para as duas variáveis a formulação Z foi significativa (Figuras 45 e 46). Em que a produtividade diminuiu significativamente, com o acréscimo das doses de glyphosate, (Figura 46), sendo registrada uma diminuição de 0,0517 Kg de grãos (51,7 gramas), a cada g e.a. ha⁻¹ de glyphosate. E que a altura foi afetada, mesmo em aplicação tardia, pois a cultivar é de hábito de crescimento indeterminado.

4.2.4 Experimento V safra 2012/2013

O comportamento para as formulações, dentro de cada dose, foi repetido mais uma vez neste experimento, para as variáveis relacionadas ao desempenho agrônomo da cultura. Pois não foram encontradas diferenças entre as duas formulações, dentro das doses ($P < 0,05$), para altura (Tabela 46), número de vagens por planta (Tabela 47), produtividade (Tabela 48), e massa de 100 sementes (Tabela 49).

Tabela 46 - Altura da soja RR, submetida à aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Altura (cm) ¹		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	89,30	90,90	90,10
720	87,95	81,35	84,65
1440	88,05	87,35	87,70
2160	85,20	89,25	87,23
2880	83,20	79,15	81,18
Média	86,74	85,60	86,17
CV (%)	6,25		

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 47 - Número de vagens da soja RR, submetida à aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Número de vagens por planta ¹		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	38,45	38,85	38,65
720	40,37	35,95	38,17
1440	40,15	36,25	38,20
2160	39,60	36,95	38,28
2880	37,30	37,98	37,64
Média	39,17	37,20	38,19
CV (%)	11,64		

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 48 - Produtividade da soja RR, submetida à aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹) ¹		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	3.411,35	3.621,14	3.516,25
720	3.688,72	3.261,03	3.474,88
1440	3.724,06	3.510,46	3.617,26
2160	3.255,64	3.688,97	3.472,30
2880	3.513,58	3.057,16	3.285,37
Média	3.518,67	3.427,75	3.473,21
CV (%)	9,55		

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 49 - Massa de 100 sementes da soja RR, submetida à aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Massa de 100 sementes (g) ¹		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	17,50	17,90	17,70
720	17,36	17,64	17,50
1440	17,72	18,12	17,92
2160	17,55	17,25	17,40
2880	17,34	17,68	17,51
Média	17,49	17,72	17,61
CV (%)	3,84		

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Para os dados referentes as avaliações de fitointoxicação, foi necessário utilizar a opção de transformação $(X+1)^{0,5}$. Mas este conjunto de dados, mesmo

apresentando diferença ($P<0,05$), nas avaliações de 7 (Tabela 50) e 14 (Tabela 51) dias após a aplicação (D.A.A.) não pode ser traçado um padrão de comportamento claro. A avaliação de 21 D.A.A. não apresentou diferenças ($P<0,05$), (Tabela 52).

Tabela 50 - Fitointoxicação aos 7 dias após a aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate, na soja RR. Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Fitointoxicação (%)		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	0,00 A	0,00 A	0,00
720	0,00 A	0,00 A	0,00
1440	4,75 A	4,75 A	4,75
2160	6,75 A	12,50 B	9,63
2880	16,25 A	16,25 A	16,25
Média	5,55	6,70	6,13
CV (%)	11,86		

Letras iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$) pelo teste F.

Tabela 51 - Fitointoxicação aos 14 dias após a aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate, na soja RR. Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Fitointoxicação (%) ¹		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	0,00 A	0,00 A	0,00
720	0,00 A	0,00 A	0,00
1440	6,75 A	6,75 A	6,75
2160	9,25 A	13,75 B	11,50
2880	17,50 A	17,50 A	17,50
Média	6,70	7,60	7,15
CV (%)	13,44		

Letras iguais na linha, entre as formulações (R e Z) dentro de cada dose, não diferem significativamente entre si ($P<0,05$) pelo teste F.

Tabela 52 - Fitointoxicação aos 21 dias após a aplicação de duas formulação e cinco doses de glyphosate, na soja RR. Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Doses (g.e.a. ha ⁻¹)	Fitointoxicação (%) ¹		Média
	Sal Isopropilamina (R)	Sal Potássico (Z)	
0	0,00	0,00	0,00
720	0,00	0,00	0,00
1440	1,25	1,25	1,25
2160	2,50	3,75	3,12
2880	7,50	8,00	7,75
Média	2,25	2,60	2,43
CV (%)	30,07		

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

Aos 28 D.A.A. já não era mais possível notar efeitos visuais de fitointoxicação na cultura, assim as avaliações foram realizadas até 21 D.A.A.

O estande médio avaliado foi de 12 plantas por metro, não apresentando variação entre os tratamentos.

O mesmo princípio de efeito encontrado na primeira safra deste experimento foi mostrado nesta safra (Figura 47). O ponto diferencial foi que nesta segunda safra ocorreu a presença de fitointoxicação significativa na cultura, sendo possível ajustar um modelo linear com efeito positivo, com o incremento nas doses de glyphosate, para todos os desdobramentos realizados (Figuras 48, 49 e 50).

Figura 47 - Comportamento da altura das plantas em função das doses de glyphosate. Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Figura 48 - Fitointoxicação das plantas, 7 D.A.A., em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina) e Z (sal potássico). Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Figura 49 - Fitointoxicação das plantas, 14 D.A.A., em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina) e Z (sal potássico). Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Figura 50 - Fitointoxicação das plantas, 21 D.A.A., em função das doses de glyphosate, nas formulações R (sal isopropilamina) e Z (sal potássico). Safra 2012/2013, experimento V, Palotina - PR

Destaca-se que a altura foi afetada novamente (Figura 47), pois como já mencionado a cultivar é de hábito de crescimento indeterminado.

Com relação a fitointoxicação detectada neste experimento (safra 2012/13), são válidas algumas considerações feitas para o experimento II, na safra 2012/13, que apresentou proximidade de resultados, sendo estes os dois únicos experimentos, dentre os oito realizados, que apresentaram sintomas significativos que permitiram mensurar a fitointoxicação causada pela aplicação das doses de glyphosate.

Neste caso específico foi possível ajustar um modelo linear com efeito crescente, em função do incremento nas doses de glyphosate, para todos os desdobramentos realizados (Figuras 48, 49 e 50).

4.3 Discussão geral sobre os experimentos principais e complementares

Com base nos resultados, em uma análise de forma genérica, foi observado que a aplicação única ou sequencial das doses (manejo 1 e 2), bem como as duas formulações utilizadas (R e Z), não apresentaram efeitos diferenciais significativos, para as variáveis abordadas, dentro das doses, nos vários experimentos conduzidos,

em diferentes anos. Os efeitos significativos ficaram evidentes dentro dos níveis de doses estudados (seja isolado ou em interação).

Este fato demonstra que o estresse fisiológico (TAIZ; ZEIGER, 2013) que supostamente seria mais atenuado em aplicação única do produto, em que a dose é mais elevada, resultará em efeito semelhante ao dos dois prováveis estresses menores, causados pela aplicação sequencial, em que a dose é dividida. Assim, a resposta fisiológica da planta logo após a aplicação (única ou sequencial), pode ser distinta, mas o efeito final expresso na cultura não foi diferente entre os dois manejos (SANTOS, 2008).

Ainda com relação aos manejos (aplicação única e sequencial), mesmo estes sendo recomendados para utilização em pós-emergência na cultura, de acordo com fatores como infestação e espécies presentes na área (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011), são encontradas poucas informações na literatura pertinente, estudando o efeito destas formas de aplicação sobre a cultura (ALONSO et al., 2013), a maior parte dos trabalhos relatam efeitos sobre o controle das plantas daninhas. Assim estes resultados desta investigação vêm cobrir uma lacuna na pesquisa.

Com relação as duas formulações, mesmo estas apresentando sais distintos em sua composição, que juntamente com os surfatantes presentes proporcionam uma penetração, absorção e translocação diferenciada (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; SANTOS et al., 2007b), o efeito final na planta e no desempenho agrônômico, diante das avaliações conduzidas, foram semelhantes.

Contrapondo estes resultados obtidos, ensaios realizados em casa de vegetação, em que foram mensuradas outras variáveis além das abordadas neste trabalho, demonstram diferenças entre as formulações comerciais de glyphosate (SANTOS et al., 2007a, 2007b; CAVALIERI et al., 2012), porém conforme já enfatizado anteriormente, nesta pesquisa os experimentos foram realizados todos a campo. Assim as respostas verificadas foram diferenciadas, para as variáveis relacionadas ao desempenho agrônômico da cultura. Destacando-se que o comportamento de uma planta, em casa de vegetação, normalmente será diferenciado do comportamento no campo, em que as condições ambientais não podem ser controladas.

O estresse xenobiótico causado pelo glyphosate, ou por compostos de sua degradação, como o AMPA, muitas vezes não é notado pelo produtor ou mesmo por técnicos da área, nas plantas de soja RR, pois conforme demonstrado através dos

diversos experimentos, na maioria das situações não ocorreu efeito fitotóxico visual nas plantas, nem nas maiores doses. Mas, mesmo não havendo fitointoxicação significativa na cultura (em termos visuais), pode ser inferido a partir do banco de dados e dos desdobramentos das interações, que existiram danos potenciais sobre as plantas e conseqüentemente sobre os componentes de produção da cultura, com o aumento das doses de glyphosate, em vários casos reduzindo significativamente a produtividade esperada.

Com relação ao AMPA (ácido aminometilfosfônico), sabe-se que as plantas de soja RR possuem em seu interior este resíduo, que é produto da degradação do glyphosate, após a aplicação do produto (ARREGUI et al., 2004; REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004) e que embora o glyphosate seja normalmente pouco metabolizado pelas plantas, o AMPA é encontrado como o principal metabólito em sementes de soja RR tratadas com o referido herbicida (DUKE et al., 2003).

Neste sentido o aumento na dose de glyphosate, que vem sendo visualizado no campo, pode elevar o conteúdo de AMPA, potencializando assim o efeito deletério desse metabólito (REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004). Segundo Hoagland (1980), o AMPA possui ação aparentemente diferente do glyphosate, sendo menos ativo, porém mesmo assim ainda pode ser tóxico.

O fato da não observação de efeito visual significativo após a aplicação do glyphosate é um importante ponto a ser discutido, pois, com isso o produtor não tem parâmetros para compreender o dano efetivo que a aplicação de uma dose elevada poderá estar causando em sua lavoura. E devido a ideia que foi introduzida juntamente com a tecnologia RR, de que a soja RR seria totalmente “tolerante” ao glyphosate, isso dificulta a conscientização de que altas doses podem sim trazer efeitos deletérios a cultura, advindos dos efeitos secundários do glyphosate (LYDON; DUKE, 1989; ZOBIOLE et al., 2010c).

Os efeitos deletérios potenciais identificados nos caracteres de interesse agrônomo estão diretamente relacionados com resultados discutidos por vários autores, provavelmente estando ligados ou são decorrentes do potencial de injúria, ou ainda da ação deletéria do glyphosate e seus metabólitos, como constatado na literatura pertinente (REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004; ZOBIOLE et al., 2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e; ALBRECHT, L. P. et al., 2011b, 2012a, 2012b).

Atualmente existem comprovadas conseqüências do uso indiscriminado de glyphosate em pós-emergência, na cultura da soja RR, como alterações no balanço

nutricional das plantas de soja, por exemplo, no caso do Mn e de outros nutrientes, como N, Ca, Mg, Fe e Cu, que podem ter seus teores alterados sob a aplicação de glyphosate (HUBER, 2007; SANTOS et al., 2007b; ZOBIOLE et al., 2010d, 2010e). Desta forma, plantas com problemas nutricionais tendem a apresentar problemas em seu metabolismo, dos quais decorrem danos ao aparato fisiológico e, por consequência, a produtividade final da cultura.

Neste contexto, citando como exemplo o Mn, este age como cofator ativando cerca de 35 enzimas diferentes, comandando desde a biossíntese de aminoácidos aromáticos até a de produtos secundários, como a lignina e os flavonóides (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os flavonóides atuam, por exemplo, nos extratos radiculares das leguminosas, estimulando a expressão do gene da nodulação. Baixas concentrações de lignina e de flavonóides são responsáveis entre outras coisas, pela diminuição na resistência às doenças (RIZZARDI et al., 2003). Recentemente, Zobiole et al. (2010c) constataram diminuição do teor de lignina nas plantas de soja RR, em doses a partir de 450 g e.a. ha⁻¹.

É importante salientar que outras alterações na fisiologia da planta, como na fotossíntese e outros processos biossintéticos que levam ao acúmulo de biomassa (ZOBIOLE et al., 2010b, 2010c) podem ser decorrentes do uso do glyphosate e afetam diretamente os componentes de produção da cultura da soja. Este fato foi visualizado nos resultados de Zobiole et al. (2010b), em que doses entre 600 e 2400 g e.a. ha⁻¹ afetaram a absorção de água e a fotossíntese, seguida de diminuição de biomassa com o aumento na dose do herbicida.

Nestes experimentos aqui tratados, foram empregadas doses entre 0 e 2880 g e.a. ha⁻¹, se levarmos em conta que estas doses podem resultar em problemas na formação e acúmulo de biomassa, é concebível admitir a possibilidade de que tal fato possa refletir em danos consideráveis sobre o desempenho da cultura (ALBRECHT, L. P. et al., 2011a, 2012b).

Mesmo levando em consideração que altas doses não apresentam recomendação oficial para aplicação em pós-emergência, é evidente que na prática, eventualmente são utilizadas doses elevadas de glyphosate.

Na maioria das vezes o produtor não está ciente dos possíveis efeitos nocivos deste incremento na dose, e com a problemática recente de plantas daninhas resistentes a este mecanismo de ação (EPSPs), ou mesmo de infestantes tolerantes ao glyphosate, ou altas infestações, ou ainda plantas daninhas fora do ponto

adequado de controle, ou perenizadas, esta prática vêm crescendo. Com isso, o agricultor acaba agindo de forma errônea, e aplicando doses altas deste produto, que apresenta um custo e uma toxicidade baixa, quando comparado a outros herbicidas, favorecendo de certa forma esta prática (C. VALE⁵, 2013; COCAMAR⁶, 2013 – informação verbal; ALBRECHT, ALBRECHT, VICTORIA FILHO, 2013).

Desta forma destaca-se que os resultados alcançados no presente trabalho demonstraram que se pode usar qualquer uma das formulações e manejos estudados, em termos gerais, porém, o grande fator limitante são as doses, em que os produtores devem ter muita atenção com relação à aplicação de altas doses. Pois estas influenciam significativamente no comportamento da cultura, afetando seu desempenho, e conseqüentemente sua produtividade, muitas vezes sem demonstrar efeitos visuais de fitointoxicação.

Mas mesmo com o grande número de experimentos conduzidos e avaliações realizadas, estes resultados não são finais, e indicam a maior necessidade de pesquisas nesta linha. Pois no Brasil existe inúmeras cultivares de soja adaptadas a uma série de condições ambientais distintas.

---

⁵ Informação fornecida pelos técnicos de campo da C. Vale, Palotina, em 2013, sobre a soja RR e a utilização de herbicidas pelos agricultores.

⁶ Informação fornecida pelos técnicos de campo da COCAMAR, Maringá, 2013 sobre a soja RR e a utilização de herbicidas pelos agricultores.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados e discutidos, pode-se afirmar que existem injúrias potenciais causadas pela aplicação de altas doses de glyphosate, sobre a soja RR, e estes efeitos podem afetar significativamente o comportamento da cultura, independente das formulações ou manejos utilizados.

A partir destes resultados espera-se fomentar um posicionamento mais seguro desta tecnologia, possibilitando a diminuição dos efeitos deletérios do glyphosate sobre a cultura da soja RR, causados pelo uso indiscriminado deste herbicida. Estes dados irão contribuir para uma maior sustentabilidade nos sistemas de produção agrícola nos diferentes agroecossistemas.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Produtos formulados**. 2013. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 15 out. 2013.
- ALBRECHT, A.J.P.; BARROSO, A.A.M.; ALBRECHT, L.P. Aplicação de subdoses de glifosato no algodoeiro. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, v. 6, n. 121, p.76 - 78, 2013.
- ALBRECHT, A.J.P.; BARROSO, A.A.M.; ALBRECHT, L.P.; VICTORIA FILHO, R.; KRENCHINSKI, F.H.; PLACIDO, H.F.; RODRIGUES, D.M.; REIS, F.C. Avaliação da aplicação de diferentes formulações, manejos e doses de glyphosate na cultivar de soja BMX Turbo RR. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE MALEZAS, 21., 2013, Cancún. **Resúmenes...** ALAM, 2013a. p. 781-786.
- ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; VICTORIA FILHO, R.; KRENCHINSKI, F. H.; BARROSO, A.A.M.; PEREIRA, V.G.C.; WOBETO, K.S.; REIS, F.C. Efeito da aplicação de diferentes formulações, manejos e doses de glyphosate na cultivar de soja V-Max RR. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE MALEZAS, 21., 2013, Cancún. **Resúmenes...** Cidade: ALAM, 2013b. p. 787-793.
- ALBRECHT, A.J.P.; VICTORIA FILHO, R.; ALBRECHT, L.P.; MORAES, M.F.; KRENCHINSKI, F.H.; PLACIDO, H.F.; MIGLIAVACCA, R.A.; LORENZETTI, J.B. Comportamento da soja RR submetida a diferentes formulações e doses de glyphosate no período reprodutivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. **Anais...** São Paulo: SBCPD, 2012. p. 318-323.
- ALBRECHT, L.P.; ÁVILA, M.R. Manejo de glyphosate em soja RR e a qualidade das sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 2, p. 45-54, 2010.
- ALBRECHT, L.P.; ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; BRACCINI, A.L. ALBRECHT, A.J.P. Qualidade fisiológica das sementes de soja RR em resposta ao uso de diferentes tratamentos contendo glyphosate em aplicação sequencial. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, p. 211-220, 2011a.
- 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**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 558-590, 2011b.
- ALBRECHT, L.P.; ALONSO, D.G.; ALBRECHT, A.J.P.; OLIVEIRA JR., R.S.; BRACCINI, A.L.; CONSTANTIN, J. Glyphosate e associações em pós-emergência no desempenho agrônômico e na qualidade das sementes de soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 30, p. 139-146, 2012a.

ALBRECHT, L.P.; BARBOSA, A.P.; SILVA, A.F.M.; MENDES, M.A.; ALBRECHT, A.J.P.; ÁVILA, M.R. RR Soybean seed quality after application of glyphosate in different stages of development. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n.3, p. 373-381, 2012b.

ALBRECHT, L.P.; ALBRECHT, A.J.P.; VICTORIA FILHO, R. Soja RR e o Glyphosate. In: ALBRECHT, L.P.; MISSIO, R.F. **Manejo de cultivos transgênicos**, Curitiba: UFPR, 2013. cap. 2. p. 25 a 45.

ALONSO, D.G. **Seletividade de glyphosate isolado ou em mistura para soja RR**. 2008. 72p. Dissertação (Mestrado na área de Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; SANTOS, G.; DAN, H.A.; OLIVEIRA NETO, A.M. Seletividade de glyphosate isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013.

ARREGUI, M.C.; LENARDÓN, A.; SANCHES, D.; MAITRE M.; SCOTTA, R.; ENRIQUE, S. Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate-resistant soybean. **Pest Management Science**, Sessex, v. 60, p. 163-166, 2004.

BERGAMIN, M.; CANCIAN, M.A.E.; CASTRO, P.R.C. Ecofisiologia da soja. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (Org.). **Ecofisiologia de cultivos anuais**: trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: Nobel, 1999. p.73-90.

BORÉM, A.; SANTOS, F.R. Variedades resistentes a herbicidas: legislação e liberação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 26.; CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANO DE MALEZAS, 28., 2008, Ouro Preto. **A ciência das plantas daninhas na sustentabilidade dos sistemas agrícolas**: palestras apresentadas. Sete Lagoas: SBCPD; Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p.165-178.

BOTT, S.; TESFAMARIAN, T.; CANDAN, H.; RÖMHELD, V.; NEUMANN, G. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 312, p. 185-194, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 398p.

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**, Montpellier, v. 31, p. 114-119, 2009.

CARVALHO, C.G.P.; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F.; OLIVEIRA, M.F.; VELLO, N.A. Correlação e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CAVALIERI, S.D.; VELINI, E.D.; SILVA, F.M.L.; SÃO JOSÉ, A.R.; ANDRADE, G.J.M. Acúmulo de nutrientes e matéria seca na parte aérea de dois cultivares de soja RR sob efeito de formulações de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 349-358, 2012.

CÉLERES. **Relatório biotecnologia**. Uberlândia, 2012. Disponível em: <http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/RelBiotecBrasil_1202_por.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2013.

COCAMAR. **Jornal de serviços**: notícias on line. 2012. Disponível em: <<http://www.jornalcocamar.com.br/noticias.aspx?id=noticias&c=270&e=33&n=96>>. Acesso em: 27 fev. 2012.

_____. **Jornal de serviços**: notícias on line. 2013. Disponível em: <<http://www.jornalcocamar.com.br/noticias.aspx?id=noticias&c=280>>. Acesso em: 17 set. de 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Estudos de prospecção de mercado**: safra 2012/2013. Brasília, 2012a. 148p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_11_16_41_03_prospeccao_12_13.pdf>. Acesso em: 10 out. 2013.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: safra 2011/2012, sexto levantamento, março de 2012. Brasília, 2012b. 35p.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira**: Grãos: Safra 2012/2013, quinto levantamento, fevereiro de 2013. Brasília, 2013. 27p.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA - CIB. **Adoção de soja transgênica chega a 92% das lavouras, diz estudo da Céleres**. 2013. Disponível em: <<http://cib.org.br/em-dia-com-a-ciencia/adocao-de-soja-trangenica-chega-a-92-das-lavouras-diz-estudo-da-celeres/>> Acesso em: 8 ago. 2013.

_____. **Eventos aprovados**. 2012. CTNBio. Disponível em: <<http://cib.org.br/biotecnologia/regulamentacao/ctnbio/eventos-aprovados/>> Acesso em: 28 maio 2012.

CONSTANTIN, J. Métodos de controle. In: OLIVEIRA, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 3. p. 67– 78.

CORRIGAN, K.A.; HARVEY, G. Glyphosate with and without residual herbicides in no-till glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 569-577, 2000.

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, glyphosateresistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 340-344, 2003.

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

ELLIS, J.M.; GRIFFIN, J.L. Glyphosate and broad leaf herbicide mixtures for soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v. 17, p. 21-27, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 240p.

_____. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil: 2008. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 280p. (Sistemas de Produção, 12).

_____. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil: 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 261p. (Sistemas de Produção, 15).

FALKER. **Medidor Eletrônico de Teor de Clorofila - clorofiLOG**. 2009. Disponível em: < <http://www.falker.com.br/Produto.php?id=4>>. Acesso em: 22 set. 2013.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa, 2007. 9p. (Circular Técnica, 48).

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; GURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development description for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.

GALLI, A.J.B. A molécula glyphosate e a agricultura brasileira. In: VELINI, E.D.; MESCHEDÉ, D.K.; CARBONARI, C.A.; TRINDADE, M.L.B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. cap. 2. p. 17-19.

GALLI, A.J.B.; MONTEZUMA, M.C. **Glifosato**: alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura. [S.l.]: ACADCOM, 2005. 66p.

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

_____. Manganese nutrition of glyphosate-resistant and conventional soybeans. In: GREAT PLAINS SOIL FERTILITY CONFERENCE, 2006, Denver. **Proceedings...** Norcross: IPNI, 2006. p. 224-226.

GREY, T.L.; RAYMER, P. Sickpod (*Senna obtusifolia*) and red morningglory (*Ipomea coccinea*) control in glyphosate-resistant soybean with narrow rows and postemergence herbicide mixtures. **Weed Technology**, Champaign, v. 16, p. 669-674, 2002.

HALTER, S. História do herbicida agrícola glyphosate. In: VELINI, E.D.; MESCHÉDE, D.K.; CARBONARI, C.A.; TRINDADE, M.L.B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. cap. 1. p. 11-16.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistant weeds**. Disponível em: <<http://www.weedscience.org/In.asp>>. Acesso em: 10 out. 2013.

HOAGLAND, R.E. Effects of glyphosate on metabolism of phenolic compounds: VI. Effects of glyphosate and glyphosate metabolites on phenylalanine ammonia-lyase activity, growth, emd protein, chlorophyll, and anthocyanin levels in soybean (*Glycine max*) seedling. **Weed Science**, Champaign, v. 28, n. 2, p. 393-400, 1980.

HUBER, D.M. Strategies to ameliorate glyphosate immobilization of manganese and its impact on the rhizosphere and disease. In: GLYPHOSATE POTASSIUM SYMPOSIUM, 2006, Columbus. **Proceedings...** DeWitt: Ohio State University, 2006. p. 51-63.

_____. What about glyphosate-induced manganese deficiency? **Fluid Journal**, Manhattan, v1, p. 20-22, 2007.

HUBER, D.M.; LEUCK, J.D.; SMITH, W.C.; CHRISTMAS, E. Induced manganese deficiency in GM soybeans. In: NORTH CENTRAL EXTENSION-INDUSTRY SOIL FERTILITY CONFERENCE, 34., 2004, Des Moines. **Proceedings...** Brookings: Potash & Phosphate Institute, 2004. v. 20. p. 80-83.

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS. **Como a planta de soja se desenvolve**. POTAFOS, Piracicaba, n. 66, p. 3-22, 1994.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1987. 35p.

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

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**, Saint Paul, v.72, n. 11, p. 1467-1470, 1982.

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

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

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**, Abingdon, v. 85, n. 15, p. 1165-1174, 2005.

LEE, T.T. Mode of action of glyphosate in relation to metabolism of indol-3-acetic acid. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 54, p. 289, 1982.

LICH, J.M.; RENNER, K.A.; PENNER, D. Interaction of glyphosate with post emergence soybean (*Glycine max*) herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 45, p. 12-21, 1997.

LOPES, J.C.; MARTINS FILHO, S.; TAGLIAFERRI, C.; RANGEL, O.J.P. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.1, p.51-58, 2002.

LYDON, J.; DUKE, S.O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. **Pesticide Science**, London, v. 25, n. 4, p. 361-373, 1989.

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

MANARA, N.T.F. Origem e expansão. In: SANTOS, O.S. (Coord.). **A cultura da soja 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p. 13-23.

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

MARCOS FILHO, J.; GODOY, O.P.; CÂMARA, G.M.S. Tecnologia da produção. In: CÂMARA, G.M.S. et. al. **Produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. p.1-39.

MARÍA, N.; BECERRIL, J.M.; GARCIA-PLAZAOLA, J.I.; HERNÁNDEZ, A.; FELIPE, M.R.; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M. New insights on glyphosate mode of action in nodular metabolism: role of shikimate accumulation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, n. 54, p. 2621-2628, 2006.

MONSANTO. **Monsanto em campo**: boletins informativos. 2011. Disponível em: <<http://www.monsanto.com.br/monsanto/brasil/newsletter/geral>>. Acesso em: 26 mar. 2012.

MONSANTO. **Produtos**: herbicidas. 2012. Disponível em: <<http://www.monsanto.com.br/produtos/herbicidas/herbicidas.asp>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

NEUMANN, G.; KOHLS, S.; LANDSBERG, E.; STOCK-OLIVEIRA SOUZA, K.; YAMADA, T.; RÖMHELD, V. Relevance of glyphosate transfer to non-target via the rhizosphere. **Journal of Plant Disease and Protection**, Braunschweig, v. 20, p. 963-969, 2006. special issue

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

OLIVEIRA JR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 7. p. 141–192.

OLIVEIRA JR, R.S.; INOUE, M.H. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 10. p. 242–262.

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

PADGETTE, S.R.; KOLACZ, K.H.; DELANNAY, X.; RE, B.D.; LA VALLE, B.J.; TINIUS, C.N.; OTERO, Y.I.; BARRY, G.F.; EICHHOLTZ, D.A.; PESCHKE, V.M.; NIDA, D.L. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1451-1461, 1995.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

PITELLI, R.A.; PITELLI, R.L.C.M. Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas, In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. cap. 2. p. 29-55.

PRATA, F.; CARDINALI, V.C.B.; LAVORENTI, A.; TOMISIELO, L.; REGITANO, J.B. Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorous levels. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 175-180, 2003.

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

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, p. 496-502, 2003.

REDDY, K.N.; HOAGLAND, R.E.; ZABLOTOWICZ, R.M. Effect of glyphosate on growth, chlorophyll content and nodulation in glyphosate-resistant soybeans (*Glycine max*) varieties. **Journal of New Seeds**, Abingdon, v. 2, 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 Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.52, p.5139-5143, 2004.

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

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 5. ed. Londrina: Grafmarke, 2011. 697p.

SAFRAS & MERCADO. **Agência Leia**: últimas notícias. Disponível em: <<http://www.safras.com.br/index.asp?tag=N&Tipo=L>> Acesso em: 30 mar. 2012.

SANTOS, T.L. Soja. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal**: fisiologia dos cultivos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2008. p. 157-175.

SANTOS, J.B.; JACQUES, R.J.S.; PROCÓPIO, S.O.; KASUYA, M.C.M.; SILVA, A.A.; SANTOS, E.A. Efeitos de diferentes formulações comerciais de glyphosate sobre estirpes de *Bradyrhizobium*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 293-299, 2004.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREITAS, M.A.M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007a.

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

SECA prejudica safra de soja. Globo Rural online. 2012. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI301195-18077,00-SECA+PREJUDICA+SAFRA+DE+SOJA+APONTA+RALLY+DA+SAFRA.html>> Acesso em: 05 set. 2012.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da soja**: pt I. Viçosa, MG: UFV, 1993. 97p.

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa-MG: UFV, 2009a. cap. 2. p.63-81

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, L.R. Herbicidas: classificação e mecanismos de ação. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. (Ed.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa-MG: UFV, 2009b. cap. 3 p. 83-148.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Research project:** determination of the effect of glyphosate on mineral content of glyphosate-resistant crops. 2012. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=422641>. Acesso em: 12 out. 2013.

VELINI, E.D.; MESCHÉDE, D.K.; CARBONARI, C.A.; TRINDADE, M.L.B. **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. 493p.

VICTORIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L.; ZUPPI, M.; SANTIAGO, T. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3. ed. São Paulo: ANDEF, 2008. cap. 9. p. 397–464.

ZABLOTOWICZ, R.M.; REDDY, K.N. Impact of glyphosate on the *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, Madison, 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**, Guildford, v. 26, p. 370-376, 2007.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D.F. Prevenção de injúrias causadas por glyphosate em soja RR por meio do uso de aminoácidos. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 195-205, 2011.

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**, Amsterdam, 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**, San Diego, 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**, Heidelberg, 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**, New York, 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**, The Hague, v. 328, p. 57-69, 2010e.